

**DIE WERTIGKEIT MANUELL UND APPARATIV
GEHALTENER RÖNTGENAUFNAHMEN
BEI DER DIAGNOSTIK FIBULARER
KAPSELBANDLÄSIONEN**

EDGAR CHRISTIAN DAVID

1986

Aus der Orthopädischen Klinik der Universität München

Direktor :

Professor Dr. H. J. REFIOR

DIE WERTIGKEIT MANUELL UND APPARATIV GEHALTENER
RÖNTGENAUFNAHMEN BEI DER DIAGNOSTIK FIBULARER
KAPSELBANDLÄSIONEN

Dissertation

zum Erwerb des Doktorgrades der Medizin

an der medizinischen Fakultät der

Ludwig - Maximilians - Universität zu München

vorgelegt von

Edgar Christian DAVID

aus

München

1986

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät

der Universität München

Berichterstatter : Professor Dr. C. J. WIRTH

Mitberichterstatter : Professor Dr. H. J. REFIOR

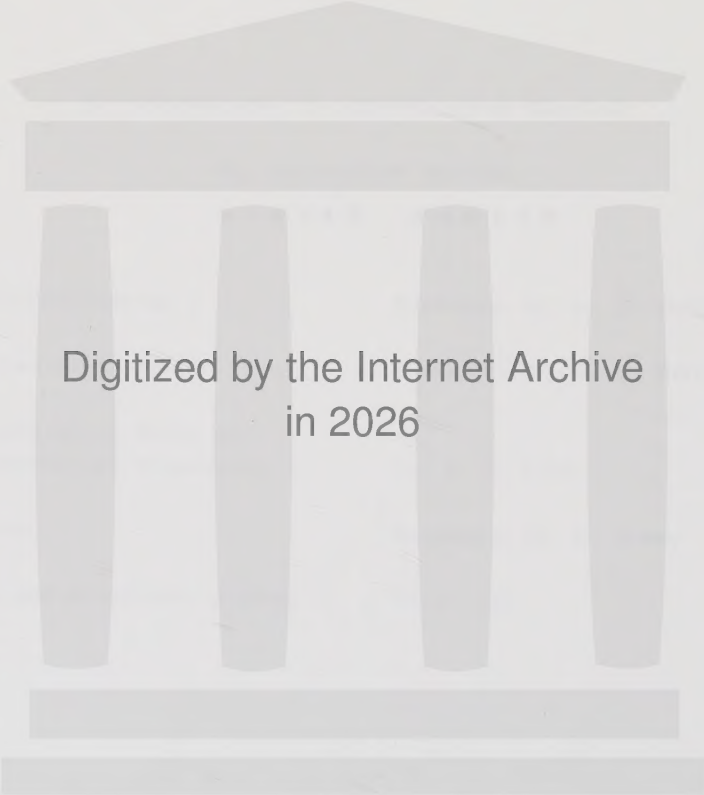
Mitbetreuung durch den
promovierten Mitarbeiter : Dr. W. G. ZINK

Dekan : Professor Dr. W. SPANN

Tag der mündlichen Prüfung : 17.2.1987

Meinen Eltern

1	Einleitung	1
2	Die Eltern	2
3	Die Eltern	3
4	Die Eltern	4
5	Die Eltern	5
6	Die Eltern	6
7	Die Eltern	7
8	Die Eltern	8
9	Die Eltern	9
10	Die Eltern	10
11	Die Eltern	11
12	Die Eltern	12
13	Die Eltern	13
14	Die Eltern	14
15	Die Eltern	15
16	Die Eltern	16
17	Die Eltern	17
18	Die Eltern	18
19	Die Eltern	19
20	Die Eltern	20
21	Die Eltern	21
22	Die Eltern	22
23	Die Eltern	23
24	Die Eltern	24
25	Die Eltern	25
26	Die Eltern	26
27	Die Eltern	27
28	Die Eltern	28
29	Die Eltern	29
30	Die Eltern	30
31	Die Eltern	31
32	Die Eltern	32
33	Die Eltern	33
34	Die Eltern	34
35	Die Eltern	35
36	Die Eltern	36
37	Die Eltern	37
38	Die Eltern	38
39	Die Eltern	39
40	Die Eltern	40
41	Die Eltern	41
42	Die Eltern	42
43	Die Eltern	43
44	Die Eltern	44
45	Die Eltern	45
46	Die Eltern	46
47	Die Eltern	47
48	Die Eltern	48
49	Die Eltern	49
50	Die Eltern	50
51	Die Eltern	51
52	Die Eltern	52
53	Die Eltern	53
54	Die Eltern	54
55	Die Eltern	55
56	Die Eltern	56
57	Die Eltern	57
58	Die Eltern	58
59	Die Eltern	59
60	Die Eltern	60
61	Die Eltern	61
62	Die Eltern	62
63	Die Eltern	63
64	Die Eltern	64
65	Die Eltern	65
66	Die Eltern	66
67	Die Eltern	67
68	Die Eltern	68
69	Die Eltern	69
70	Die Eltern	70
71	Die Eltern	71
72	Die Eltern	72
73	Die Eltern	73
74	Die Eltern	74
75	Die Eltern	75
76	Die Eltern	76
77	Die Eltern	77
78	Die Eltern	78
79	Die Eltern	79
80	Die Eltern	80
81	Die Eltern	81
82	Die Eltern	82
83	Die Eltern	83
84	Die Eltern	84
85	Die Eltern	85
86	Die Eltern	86
87	Die Eltern	87
88	Die Eltern	88
89	Die Eltern	89
90	Die Eltern	90
91	Die Eltern	91
92	Die Eltern	92
93	Die Eltern	93
94	Die Eltern	94
95	Die Eltern	95
96	Die Eltern	96
97	Die Eltern	97
98	Die Eltern	98
99	Die Eltern	99
100	Die Eltern	100



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41554624_0096

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung	1
2.	Anatomie	2
2.1.	Biomechanik	5
3.	Pathomechanik	7
4.	Diagnostik	10
4.1.	Allgemeine Diagnostik	10
4.1.1.	Anamnese	11
4.1.2.	Körperliche Untersuchung	12
4.1.3.	Röntgenaufnahmen	13
4.2.	Die gehaltene Aufnahme	15
4.2.1.	Aufnahmetechnik im antero-posterioren Strahlengang	15
4.2.2.	Aufnahme im seitlichen Strahlengang	17
4.2.3.	Gehaltene Aufnahmen mit mechanischen Hilfen	19
4.2.4.	Auswertung der gehaltenen Aufnahmen	21
5.	Problematik	24
5.1.	Lücken in der Literatur zur Diagnostik von fibularen Kapselbandläsionen	24
5.2.	Problemstellung	25
5.3.	Material und Methode	25
6.	Falsch negative apparatedrückte Röntgenaufnahmen	26
6.1.	Beurteilung der falsch negativen Aufnahmen	27
7.	Experimentelle Untersuchungen	28
7.1.	Halteapparate zur Anfertigung gehaltener Aufnahmen des oberen Sprunggelenks	28
7.1.1.	Der Seiler-Holzrichter-Lagerungsbock	29

7.1.2.	Der Noesberger-Halteapparat	30
7.1.3.	Der Telos-Halteapparat	30
7.1.4.	Der Halteapparat nach Rippstein	32
7.2.	Durchführung der Experimente an der Leiche . . .	34
7.3.	Ergebnisse der Versuche an Leichen	35
7.4.	Einfluß der Druckpunkteinstellung beim Scheuba-Gerät auf die Meßergebnisse.	38
7.4.1.	Modellvorstellung	39
7.4.2.	Theoretische Berechnung	39
7.4.2.1.	Diskussion der Ergebnisse der Modellvorstellung	41
7.4.2.2.	Zusammenfassung der theoretischen Betrachtungen	43
7.4.3.	Röntgenuntersuchungen klinisch instabiler Sprunggelenke mit Verlagerung des Druckpunktes .	43
7.5.	Fehlerbetrachtung	47
7.5.1.	Fehlerquellen bei der Durchführung der Versuche	47
7.5.1.1.	Leichenversuche	47
7.5.1.2.	Versuche mit Druckpunktverlagerung.	47
7.5.2.	Fehler bei der Auswertung der Röntgenbilder . .	48
8.	Diskussion der Ergebnisse	53
9.	Zusammenfassung	61
10.	Literaturverzeichnis	62

1. Einleitung

Läsionen der fibularen Kapselbänder sind die häufigste Verletzung in der Traumatologie des Bewegungsapparates (1, 37, 38).

Die je nach Verletzungsgrad resultierende Instabilität des oberen Sprunggelenkes kann Behinderungen im Sport und im Alltag sowie die Bildung einer Arthrose zur Folge haben (20, 28, 38, 61). Um diese Kapselbandverletzungen ihrer adäquaten Therapie zuführen zu können, ist eine eingehende und sichere Diagnostik notwendig.

Im Rahmen dieser Diagnostik bedient man sich seit einigen Jahrzehnten auch gehaltener Röntgenaufnahmen und seit Anfang der 1970er Jahre in zunehmendem Maße apparategedrückter Aufnahmen.

2. Anatomie

Das obere Sprunggelenk wird aus knöchernen Anteilen und dem Kapselbandapparat gebildet (vgl. Abb. 1).

An Knochen sind bei der Bildung des Gelenkes beteiligt:

- die Tibia,
- die Fibula,
- und der Talus.

Die distalen Enden von Tibia und Fibula bilden die Malleolengabel, die die Trochlea tali an drei Seiten umfaßt. Die medialen und die proximalen Anteile stellt hierbei die Tibia, während die Fibula die laterale Begrenzung der Malleolengabel bildet.

Ligamentär wird die somit gebildete Gelenkpfanne durch die Ligamenta tibiofibularia posterior et anterior stabilisiert, deren mit Knorpel überzogene Anteile die Pfanne ergänzen.

Die Führung der Articulatio talocruralis wird medial durch das Ligamentum deltoideum und lateral durch die fibularen Seitenbänder bewirkt.

Das Ligamentum deltoideum ist fächerförmig angeordnet und seine Züge ziehen vom medialen Knöchel

- zum Talus (Pars tibiotalaris anterior et posterior),
- zum Os naviculare (Pars tibionavicularis)
- und zum Sustenaculum tali (Pars tibiocalcanearis).

Abb.1 : Anatomie des fibularen Kapselbandapparates
(rechtes Sprunggelenk, Ansicht von lateral)



Die drei fibularen Seitenbänder sind:

- das Ligamentum talofibulare anterius:

Es entspringt am Vorderrand des Malleolus lateralis und verläuft etwa horizontal ausgerichtet zum lateralen Talushals, eingewoben in die Membrana fibrosa;

- das Ligamentum calcaneofibulare:

Es verläuft in etwa 60° zur Plantarebene (75) von der Außenknöchelspitze zur lateralen Fläche des Calcaneus und ist von der Membrana synovialis der Articulatio talocruralis durch Fett getrennt;

- das Ligamentum talofibulare posterius:

Es verläuft etwa horizontal von der Außenknöchelinnenseite zum Tuberculum laterale des Processus posterior tali und wird von der Membrana synovialis tali fast umschlossen (vgl. 50).

Die verschiedenen Bauteile des oberen Sprunggelenks zeigen jedoch erhebliche interindividuelle Variationen. Diese haben auf Belastbarkeit und Mechanik des Gelenkes und seiner Bänder erheblichen Einfluß. So wurden bei der Trochlea tali Differenzen zwischen dem vorderen und dem hinteren Querdurchmesser gemessen, die in der Untersuchung von Inman (43) im Schnitt bei hundert vermessenen Tali 2,4 mm betragen; bei manchen Tali war die Differenz jedoch 0 mm, bei anderen war der hintere Querdurchmesser um 6 mm geringer als der vordere. Bei den Bändern, ihren Verläufen und ihrer Festigkeit konnten ebenfalls starke Abweichungen festgestellt werden. Ludolph (55) etwa fand an 126 Sprunggelenken zahlreiche Variationen in Bandführung und Bandstärke:

Das Ligamentum talofibulare anterius war in 62 Fällen zweigeteilt, in 39 Fällen fand man bogenförmige Faserzüge zwischen

Ligamentum talofibulare anterius und Ligamentum calcaneofibulare, diese in weiteren 13 Fällen als getrennte Bandstruktur, und in 12 Fällen entsprang das Ligamentum calcaneofibulare am Ligamentum talofibulare anterius.

Nach Untersuchungen von Schmidt (75) an 400 Sprunggelenken war bei 386 Gelenken das Ligamentum talofibulare anterius zweigeteilt und das Ligamentum calcaneofibulare zeigte eine Variabilität im Bandverlauf zwischen 50 und 80 Grad Neigung zur Plantarebene.

Bei experimenteller Überprüfung der Reißfestigkeit stellte Sauer (71) an den Bändern des Sprunggelenks ebenfalls erhebliche inter- und intraindividuelle Unterschiede fest.

2.1. Biomechanik

Das obere Sprunggelenk ist kein einfaches einachsiges Gelenk, sondern es vollzieht, wie Untersuchungen von Barnett und Napier (6) zeigten, bei Plantarflexion eine Außenrotationsbewegung und bei Dorsalflexion eine Innenrotationsbewegung. Die Ursache dafür ist, daß der Krümmungsradius der Talusrolle lateral ziemlich konstant bleibt, während der mediale Krümmungsradius ventral wesentlich kleiner ist als dorsal.

Im Durchschnitt liegt die Bewegungsachse des oberen Sprunggelenks um 23° gegenüber der Kniegelenksachse nach außen gedreht und um durchschnittlich 82° zu der Längsachse der Tibia verkippt, wobei eine Variationsbreite von 74° - 94° nach Inman (43) besteht. Dies führt bei Dorsalflexion zu einer leichten Abduktion und bei Plantarflexion zu einer Adduktion des Fußes.

Bei der ligamentären Führung des oberen Sprunggelenkes trifft man auf zwei Prinzipien:

- Die starre Führung der Talusrolle durch das eher konzentrisch angeordnete Ligamentum deltoideum am Innenknöchel.
- Die beweglichere Führung am Außenknöchel durch die breiter aufgefächerte Anordnung der Außenbänder (Wirth, 82).

Auf den Bandapparat wirken, je nach Stellung des Fußes, unterschiedliche Belastungen ein.

So sind die fibularen Bänder bei Neutral-Null-Stellung weitgehend entspannt, während sie bei Plantarflexion und Dorsalflexion (hier insbesondere das Ligamentum calcaneofibulare) zunehmende Anspannung zeigen.

Das Ligamentum deltoideum (pars tibiocalcanearis) dagegen ist bei Plantarflexion entspannt und spannt sich bei zunehmender Dorsalflexion.

Die vordere Syndesmose verhält sich ähnlich wie die fibularen Bänder, die hintere Syndesmose hat ihr Spannungsmaximum bei Neutral-Null-Stellung.

Bei Dorsalflexion wird demnach die Bandführung durch praktisch alle Bänder, bei Mittelstellung durch das Ligamentum deltoideum und die vordere Syndesmose und bei Plantarflexion durch die fibularen Bänder und die vordere Syndesmose übernommen (nach Wirth, 82).

Fußheber und Fußsenker vollziehen die muskuläre Führung des Sprunggelenkes. Sie überbrücken sowohl das obere wie auch das untere Sprunggelenk, während der Talus sich nur mit seinen Gelenkpartnern mitbewegt.

Durch die Muskulatur wird das obere Sprunggelenk gegen axzentrisch angreifende Kräfte dynamisch stabilisiert (nach Wirth, 82).

3. Pathomechanik

Die meisten ligamentären Läsionen am oberen Sprunggelenk betreffen die fibularen Bänder. Der Verletzungsmechanismus ist dabei in der Regel eine Traumatisierung durch erzwungene Supination, Adduktion und Plantarflexion, also das "Vertreten" des Fußes.

Bei Varusinnenrotation tritt mit zunehmender Plantarflexion ein Anstieg der Dehnungskurve am Ligamentum talofibulare anterius auf. Am Ligamentum calcaneofibulare läßt sich ein Ansteigen der Dehnungskurve bei Varusinnenrotation und zunehmender Dorsalflexion beobachten, während in Valgusaußenrotation bei Plantar- und bei Dorsalflexion ein Ansteigen zu beobachten ist. Das Ligamentum talofibulare posterius zeigt bei Varusinnenrotation sowohl bei Plantarflexion als auch bei Dorsalflexion steigende Dehnungskurven, während bei Valgusaußenrotation die Dehnungskurve vor allem bei Dorsalflexion ansteigt (Wirth, 82).

Experimentelle Untersuchungen konnten bereits 1877 (40) einen Zusammenhang zwischen Verletzungsmechanismen und Bandrupturen zeigen:

Forciert man die Plantarflexion, so reißt zuerst das Ligamentum talofibulare anterius, dann das Ligamentum calcaneofibulare und das Ligamentum talofibulare posterius. In forcierter Dorsalflexion reißt meist das Ligamentum talofibulare posterius alleine, seltener auch noch das Ligamentum calcaneofibulare.

Bei Supination aus Neutralstellung reißen meistens alle drei genannten Bänder.

Bei Supination und Adduktion reißt meist das Ligamentum talofibulare anterius isoliert und seltener in Kombination mit dem Ligamentum calcaneofibulare (nach Hönigschmied, 40).

Über die Verteilung der Häufigkeit der jeweiligen Bandrupturen besteht bei den verschiedenen Autoren Uneinigkeit. Da sich diese Angaben auf intraoperative Befunde stützen, bestehen folgende Einflußmöglichkeiten auf die veröffentlichten Zahlen:

- Die Betroffenen sind indolent und die ärztliche Versorgungsstruktur ist schlecht, so daß nur schwere Fälle von Bandrupturen zum Arzt gelangen.
- Die Operationsindikationen werden unterschiedlich gestellt.
- Rupturen, speziell des Ligamentum talofibulare posterius (vgl. Bouretz, 12) werden vom Operateur übersehen oder nicht gewürdigt.

Für frische Bandrupturen geben einige Autoren folgenden Verteilungsschlüssel aus ihrem Operationsgut an:

	talof.		calc.		talof. ant.		+ calc. f.	
	ant.	%	fib.	%	+ calc. f.	%	+ talof. post.	%
Broström (14)	79	%	0	%	19	%	2	%
Bouretz (12)	13	%	3	%	58	%	26	%
Rockenstein (68)	11,7	%	0	%	78,5	%	9,8	%
Börner (9)	33,3	%	0	%	56,2	%	10,5	%
Schmülling (76)	62,3	%	0	%	35,1	%	2,6	%
Meeder (56)	10,8	%	0	%	78,5	%	10,7	%
Tiedtke (79)	34	%	2	%	70	%	0	%
Zwipp (85)	18,9	%	1	%	77,0	%	3,1	%

Daß das Ligamentum talofibulare anterius als schwächstes und am wenigsten elastisches Band am oberen Sprunggelenk (71) bei nahezu allen Bandrupturen am Außenknöchel mitbeteiligt ist, darüber besteht kein Zweifel. Die Zahl der isolierten Rupturen des Ligamentum talofibulare anterius liegt vermutlich höher als sie manche Autoren in ihrem Operationsgut angeben, sie führen jedoch den Patienten wahrscheinlich wegen geringerer subjektiver Einschätzung der Verletzung und geringerer Funktionseinschränkung seltener zum Arzt und ziehen dann auch seltener eine Operation nach sich.

Die isolierte Ruptur des Ligamentum calcaneofibulare wird von einigen Autoren negiert (9, 38). Wenn man jedoch die Variationsbreite der Bandverläufe berücksichtigt, so kann es durchaus sein, daß bei einem reinen rechtwinkligen Supinationstrauma die Läsion dieses Band alleine betrifft, wie es etwa Dietschi/Zollinger (23) postulierten und (siehe Tabelle) einige Autoren auch in ihrem Patientengut finden.

Eine Ruptur des Ligamentum talofibulare posterius tritt nach allgemeiner Auffassung als Kombinationsverletzung mit Rupturen der anderen fibularen Bänder auf. Sie ist den verschiedenen Autoren zufolge seltener als die Risse der beiden anderen Außenbänder. Ob dies nur daran liegt, daß die Rupturen des Ligamentum talofibulare posterius häufig nicht erkannt werden, wie Bouretz (12) behauptet, ist kaum nachzuprüfen.

4. Diagnostik

Die Diagnostik der fibularen Kapselbandläsionen ist ein in der Literatur vielfach behandeltes Thema. Im folgenden wird versucht, eine kurze Zusammenfassung dessen zu geben, was bisher zu diesem Problemkreis veröffentlicht wurde.

4.1. Allgemeine Diagnostik

Kapselbandverletzungen des oberen Sprunggelenkes bedürfen einer ihrer Schwere und ihrer Aktualität angemessenen Therapie, da Bandverletzungen am oberen Sprunggelenk in einem hohen Prozentsatz (Freeman, 28, kam bei seinen Untersuchungen auf etwa 40 %) funktionelle Instabilität und verminderte Belastbarkeit des Gelenkes zur Folge haben. Diese Instabilität, die sich in einer erhöhten Umknickneigung und verminderter Sportfähigkeit ausdrücken kann, ist eine Beeinträchtigung der exakten Führung des Talus in der Malleolengabel. Die leichten Verkipps- und Scherbewegungen unter Belastung haben Druckbelastungsumverteilungen (47, 62) und starke Verringerung der Kontaktflächen der Gelenke zur Folge. Nach Willenegger (80) nimmt die Gleitfläche bei 2° Lateralrotation des Talus um 47 % ab.

Als Folge dieser Fehl- und Überbelastung des Gelenkes kann sich eine Arthrosis deformans entwickeln (66).

Um all diese Folgen durch eine rechtzeitige und wirksame Therapie wie Bandnaht, Bandplastik oder Immobilisation vermeiden zu können, ist eine exakte und treffsichere Diagnostik notwendig. Wegen der Konsequenzen für die Behandlung ist zu fordern, daß diese Diagnostik eine Differenzierung von einfacher Distorsion ohne Bandzerreissung, frischem Bänderriß und dem Rezidiv einer veralteten Bänderverletzung ermöglicht. Damit die Diagnose rationell und zielsicher zu stellen ist, empfiehlt sich ein schematisches Vorgehen, wie es z. B. auch Plaue (64) vorschlägt.

Die folgende Reihenfolge des Vorgehens erscheint sinnvoll:

1. Genaue Anamnese mit Schilderung des Verletzungsherganges
2. Klinische Untersuchung
3. Einfache Röntgenaufnahmen in zwei Ebenen zum Ausschluß von Frakturen
4. Gehaltene Röntgenaufnahmen im antero-posterioren und seitlichen Strahlengang
5. Arthrographie

4.1.1. Anamnese

Von maßgeblicher Bedeutung für die Diagnose sind die Angaben des Patienten über die Art des Traumas wie etwa Umknicken des Fußes, z. B. beim Fußballspielen oder Basketballspielen, beim Treten auf einen Tennisball oder auf einen Stein, die Angabe, ein "Krachen" im Fuß gespürt und dann vor Schmerz Belastung vermieden zu haben. Einen Hinweis auf veraltete Kapselband-

verletzungen erhält man durch die Frage, ob denn der Fuß früher schon einmal "verstaucht" war und ob er häufiger umknicke. Bejaht der Patient, daß dieses eine oder beide Sprunggelenke häufiger umknicken, zur Schwellung neigen und zu einer Gangunsicherheit auch auf ebenem Boden führen, so gibt es zwei Möglichkeiten der Ätiologie: Entweder der Patient gehört zu den 4 - 5 % (nach Bonnin, 10) mit angeborener Bandlaxität, die sich oft schon in der Jugend durch häufiges Umknicken der Füße bemerkbar macht (64), oder es steht am Beginn dieser Beschwerden ein besonders schweres Sprunggelenkstrauma (64).

4.1.2. Körperliche Untersuchung

Zu der körperlichen Untersuchung sollte der Patient liegen oder sitzen. Bei der Inspektion des Sprunggelenkes ist auf Schwellung und Farbveränderung durch ödematöse Auftreibung und Hämatom im Seitenvergleich zu achten.

Das Vorhandensein eines Hämatoms gibt Hinweise auf Gefäß- und Gewebszerreissungen. Bei frischen Verletzungen spielen sich diese Veränderungen begrenzt auf die Regio malleolaris und unterhalb bis zum Fußrand ab.

Auffallend ist außerdem eine schwellungsbedingte leicht supinierte und plantarflektierte Schonhaltung des Fußes (64, 36).

Schmerzangabe bei Druck auf die Bänder und bei Dehnung des Kapselbandapparates kann keine eindeutigen Hinweise auf den Grad der Verletzung liefern. In der Praxis verhält es sich so, daß ein Sprunggelenkstrauma ohne vollständige Band- und Kapselrisse durch die weitere Dehnung gesunder oder verletzter Fasern bei Bewegung und durch einen eventuellen Hämarthros, der nicht entweichen kann, oft wesentlich schmerzhafter ist als eine komplette Bandruptur (36, 68). Eine weitere Orientierungshilfe über den Grad der Verletzung

ist die manuelle Auslösung des bei einer Bandzerreissung oder Bandlockerung auftretenden Schubladenphänomens.

Zur Ausübung der Haltekraft umfaßt hierbei die eine Hand des Untersuchers die Ferse des liegenden Patienten und die andere den Unterschenkel oberhalb des schmerzempfindlichen Bereiches. Ist nun die den Fuß umfassende Hand auf einer festen Unterlage und der Patient entspannt, so kann man den Unterschenkel mit der anderen Hand rasch gegen den fixierten Fuß zu bewegen versuchen. Kann man eine sicht- und fühlbare Verschiebung am oberen Sprunggelenk wahrnehmen und tritt eine Schmerzempfindung beim Patienten auf, so spricht dies für eine Bandruptur. Zur Orientierung über eine allgemeine Bandlaxität empfiehlt sich der Seitenvergleich.

Weiterhin ist es möglich, den in supinatorischer Schonhaltung befindlichen Fuß soweit zu pronieren, daß die Talusrolle an der Malleolengabel fühlbar anschlägt, was ebenfalls auf eine Ruptur hinweisen würde (36).

Diese beiden manuellen Tests sind bei frischen Traumen und ohne Anästhesie nur mit Vorsicht anzuwenden, da sie durch ihre Schmerzhaftigkeit die Kooperationsbereitschaft der Patienten erheblich einschränken können, zumal sie an Aussagekraft durch andere Untersuchungen übertroffen werden können. Bei Frakturverdacht sollte man auf sie verzichten, bis man durch das Röntgenbild eine Fraktur ausgeschlossen hat.

4.1.3. Röntgenaufnahmen

Zum Ausschluß von Frakturen im Bereich des oberen Sprunggelenks sind einfache Röntgenaufnahmen in antero-posteriorem und seitlichem Strahlengang erforderlich.

Die Variationsbreite der knöchernen Verletzungen ist sehr groß und reicht von Innen- und Außenknöchelfrakturen mit und ohne Syndesmosenbeteiligung über Knorpel-Knochen-Abscherfrak-

turen des Talus (sog. Flake-fractures) und Frakturen des Volkmannschen Dreiecks bis hin zu ossären Bandausrissen, welche man oft erst in gehaltenen Aufnahmen diagnostizieren kann. Kann man auf dem Röntgenbild Taluszysten und Osteophyten erkennen, so spricht dies für eine länger bestehende chronische Instabilität am Sprunggelenk.

Gehaltene Aufnahmen des oberen Sprunggelenkes sind Röntgenaufnahmen in antero-posteriorem und seitlichem Strahlengang, die nach vorausgegangener klinischer Untersuchung die Instabilität eines Sprunggelenkes meßbar zeigen und im Kontext mit Anamnese und Seitenvergleich bei positivem Ausfall die Diagnose einer Kapselbandruptur sichern können. Aussagen über das Alter der Bandzerreißung lassen sich mit den gehaltenen Aufnahmen nicht machen.

Hierzu kann man die Arthrographie des oberen Sprunggelenkes benutzen. Diese Methode der Kontrastmitteldarstellung, erstmals von Wolff (83) und Hansson (39) erwähnt, vermag frische von veralteten Verletzungen des Sprunggelenks zu unterscheiden. Bei dieser Technik wird ein jodhaltiges Kontrastmittel neben der medialen Taluskante von vorne injiziert. Verteilung und Austritt des Kontrastmittels lassen frische Kapselbandschäden und Knorpelschäden erkennen.

Je nach Autor schwanken die Angaben über die Nachweisbarkeitsgrenze einer frischen Kapselbandverletzung zwischen 24 Stunden (7) und 6 Tagen (65) nach dem Trauma. Da diese Methode aufwendig ist und die Gefahren jeder Jod-Kontrastmittelapplikation sowie die einer Infektion des Gelenkes birgt, ist sie eigentlich nur im klinischen Bereich anwendbar und sollte hier nur für ausgewählte Fragestellungen als letztes Diagnostikum benutzt werden (vgl. 65).

In der Literatur taucht immer wieder der Vorschlag der routinemäßigen Untersuchung im Röntgenbildverstärker auf (64, 73); wegen der erhöhten Strahlenbelastung für den Untersucher sollte man in den meisten Fällen auf dieses Verfahren verzichten, wenn ohnehin gehaltene Aufnahmen gemacht werden.

4.2. Die gehaltene Aufnahme

Gehaltene Aufnahmen des oberen Sprunggelenks sind heute allgemein anerkannt (bis auf wenige Autoren, vgl. z. B. 59) als wichtigstes Hilfsmittel zur qualitativen und quantitativen Diagnostik lateraler Kapselbandschäden. Bei diesen Aufnahmen wird durch indirekte Krafteinwirkung auf den Bandapparat versucht, röntgenologisch ein Maß für die vorhandene Instabilität des untersuchten Sprunggelenkes zu erhalten. Ein Maß hierzu ist im antero-posterioren Strahlengang der Winkel, um den sich die Talusrolle gegenüber der Malleolengabel verkanten läßt (manche geben diese Aufklappbarkeit auch in Millimetern an).

Das andere Maß ist im seitlichen Strahlengang die Verschieblichkeit der Talusrolle nach ventral gegenüber der Tibiagelenkfläche, gemessen als Abstand zwischen dorsaler Tibiaecke und Talusrolle, entweder direkt als kürzeste Distanz oder auf einer Linie zum Mittelpunkt der Talusrolle.

Da bei diesen Meßverfahren unterschiedliche Resultate auftreten, ist es immer sinnvoll, die Meßmethode anzugeben.

4.2.1. Aufnahmetechnik im antero-posterioren Strahlengang

Die Aufnahmetechnik im antero-posterioren Strahlengang ist wohl das ältere Verfahren. Sie wurde bereits 1916 von Möhring (58) und 1932 von Faber (26) beschrieben und wohl schon länger praktiziert. Ihr Grundprinzip ist es, durch Ausübung von Kraft auf die fibularen Seitenbänder eine Kippstellung

des Talus gegenüber der Malleolengabel zu bewirken, die auf einem Röntgenbild, das möglichst senkrecht zur Bewegungsachse des oberen Sprunggelenks aufgenommen wird, zur Abbildung kommt. Über die Art und Weise, wie dies technisch zu bewerkstelligen ist, gehen die Meinungen auseinander. Der Winkel, um den der Fuß zur Röntgenaufnahme innenrotiert wird, müßte dem Winkel zwischen Kniegelenksachse und Sprunggelenksachse entsprechen und beträgt im Mittel ca. 23° (74), zeigt aber Variationen zwischen 0° und 48° . Als Orientierungshilfe dienen die Knöchelspitzen, die in etwa senkrecht zum Strahlengang eingerichtet werden sollten. So geben auch die meisten Autoren $15 - 25^{\circ}$ Innenrotation als Ausgangslage an, wobei die Forderung von z. B. genau 20° aufgrund der anatomischen Variationsbreite etwas unreal erscheint (46).

Das nächste Problem ist der Winkel, den Tibia und Fußlängsachse bilden. Hier gehen die Meinungen dahin auseinander, daß von einigen Autoren Neutralstellung gefordert wird (1, 24, 69), andere leicht, d. h. ca. 10° , plantarflektieren (56, 72) und wieder andere sich für starke oder maximale Plantarflexion aussprechen (33, 44) während einige sich darüber nicht genauer äußern (hier auch: 36, 52).

Ob freilich eine isolierte Ruptur des Ligamentum calcaneofibulare nur in Rechtwinkelstellung des Fußes nachweisbar ist, wie es Meder u. Mitarb. behaupten (57), scheint unwahrscheinlich und widerspricht experimentellen Untersuchungen wie z.B. denen von Dietschi und Zollinger (23), die bei durchtrenntem Ligamentum calcaneofibulare in maximaler Spitzfußstellung eine gewisse Aufklappbarkeit erzielten.

Um nun das obere Sprunggelenk seitlich aufzuklappen, muß nach unbestrittener Auffassung der Fuß adduziert werden. Über die Art der Kraftausübung gibt es drei unterschiedliche Auffassungen. Güttner (36) aus der Böhler'schen Schule vertritt die Auffassung, man müsse, um den Verletzungsmechanismus nachzu-

ahmen, den gesamten Fuß zunächst adduzieren und dann supinieren (vgl. Abb. 3). Zobel (84) supiniert nur vom Vorfuß aus, da er hier die besten Hebelverhältnisse für die Aufklappung des oberen Sprunggelenkes sieht. Lauge Hansen (52) dagegen ist der Ansicht, daß die Adduktion am Fersenbein die beste Haltemethode ist, da durch Supination am Vorfuß Schmerzen und Muskelanspannung ausgelöst werden könnten.

4.2.2. Aufnahme im seitlichen Strahlengang

Bei der Aufnahme im seitlichen Strahlengang muß darauf geachtet werden, daß die Talusrolle möglichst wenig von der Gelenkachse abweichend abgebildet wird, da sich sonst die verschiedenen Anteile von Talus und Tibia verschieben, übereinander projizieren und somit eine exakte Bildauswertung unmöglich wird. Aus diesem Grunde muß der Fuß entsprechend wie bei der Aufnahme im antero-posterioren Strahlengang mit ca. 20° Innenrotation (s. o.) gelagert werden.

Wiederum stellt sich die Frage, welchen Winkel dabei Tibia und Fußlängsachse einschließen sollten und wiederum differieren hierzu die Ansichten. Das Spektrum der Vorschläge reicht auch hier von Rechtwinkelstellung des Fußes zur Tibia (1, 33, 77, 68) über leichte Plantarflexion von ca. 10° (30, 31, 60) bis hin zur extremen Spitzfußstellung (3, 4, 35).

Bei manueller Haltetechnik muß die Ferse auf eine feste Unterlage etwas erhöht gelagert werden, also beispielsweise auf ein ca. 3 - 4 cm dickes Holzstück, während der Unterschenkel nicht aufliegt. Der Untersucher fixiert den Fuß in einer der angegebenen Haltungen und übt mit der anderen Hand Druck senkrecht zur Unterlage aus (vgl. Abb. 2). Damit erzeugt er im positiven Falle eine auf dem Röntgenbild sichtbare Verschiebung der Talusrolle gegenüber der Tibia.

Abb.2 : Haltetechnik im seitlichen Strahlengang



Abb.3 : Haltetechnik im antero-posterioren Strahlengang



4.2.3. Gehaltene Aufnahmen mit mechanischen Hilfen

Die Technik, gehaltene Röntgenaufnahmen unter manueller Kraftausübung anzufertigen, hat zwei gravierende Nachteile:

- Der Untersucher ist, wenn er diese Aufnahmen öfters anfertigt, trotz Bleischürze und Bleihandschuhen einer erheblichen zusätzlichen Strahlenbelastung ausgesetzt.
- Da man die manuelle Haltetechnik in Kraftwirkung und Kraftdosierung nicht standardisieren kann, sind die Möglichkeiten zum Reproduzieren und damit zum Nachprüfen z. B. der Wirksamkeit einer therapeutischen Maßnahme eingeschränkt.

Aus diesen Gründen machte man sich Gedanken über Alternativverfahren.

Eine Alternative zur handgehaltenen Aufnahme ist die von Adler (2) angegebene Methode, bei der der Patient selbst mit einem um den Fuß gelegten Bindenzügel das Sprunggelenk für die antero-posteriore Projektion aufklappt. Der Vorteil dieser Methode ist, daß für den Untersucher keine Röntgenbelastung entsteht, der Nachteil, daß die Patienten aus Angst vor Schmerzen wahrscheinlich zum Großteil nur zaghaft an der Binde ziehen und somit die Aufklappbarkeit submaximal bleibt. Außerdem ist hier die Reproduzierbarkeit noch schlechter als bei der normalen handgehaltenen Aufnahme. Da sich diese Methode als nicht sehr zuverlässig erwies, kommt ihr keine wesentliche Bedeutung mehr zu.

Die Lösung der erwähnten Probleme wäre ein Apparat, der zuverlässig und reproduzierbar die Phänomene, die man handgehalten erzielen will, hervorruft. So gab es bisher auch einige Konstruktionen von Halteapparaten, die entweder für einen der beiden Strahlengänge, also antero-posterior oder seitlich, oder, wie neuere Konstruktionen, auch für beide Projektionen verwendbar sind.

Da bei diesen gehaltenen Aufnahmen oft frisch traumatisierte Strukturen, die zum Teil Schwellung und Hämatom aufweisen, bewegt und belastet werden, können bei ihrer Anfertigung Schmerzen auftreten. Zur Schmerzausschaltung bei der Untersuchung gibt es drei Möglichkeiten:

- die lokale Infiltration der fibularen Kapselbandregion mit einem Lokalanästhetikum,
- die Leitungsanästhesie des Nervus peroneus superficialis,
- die Kurznarkose.

Über die Frage der Notwendigkeit einer Schmerzausschaltung bestehen verschiedene Ansichten.

Ein Großteil der Autoren verzichtet auf Anästhesierung bei der gehaltenen Aufnahme (Arnold, 5, Burri, 16, Dietschi, 23, Drez, 24, Hupfauer, 42, Landeros, 49, Noesberger, 60, Rockenstein, 68, Seiler, 77, Zobel, 84).

Lokale Anästhesie wird empfohlen von Caro, 17, Castaing, 18, Gerlach, 33, Gschwend, 35, Güttner, 36, Rubin, 69 und Schärzter, 72.

Für Leitungsanästhesie sprechen sich Clayton, 19, Hackenbrück, 38, Ruth, 70 und Zipp, 85 aus, fallabhängig entscheiden sich dafür Brand, 13, Fröhlich, 30, Holzach, 41, Lember-

ger, 53, Reichen, 67 und Schmülling, 76.

Broström (15) wendet Spinalanästhesie an.

Allgemeinanästhesie wird von Duquenois (25) beim Verdacht auf falsch negative Aufnahmen angewendet, der ansonsten auch auf jegliche Anästhesierung verzichtet.

Freeman (27) gibt entweder Peroneusblock oder Allgemeinanästhesie als Voraussetzung für gehaltene Röntgenaufnahmen an. Nach Faber (26) und Lauge Hansen (52) sind gehaltene Aufnahmen im antero-posterioren Strahlengang nur unter Betäubung auszuführen.

Verzichtet man auf jegliche Anästhesierung, so muß man mit häufiger auftretenden falsch negativen Resultaten und geringeren Meßergebnissen rechnen. Dies gilt vor allem für die durch annähernden Nachvollzug des Unfallmechanismus schmerzhaftere Aufnahme im antero-posterioren Strahlengang. Für diese Aufnahme gibt Duquenois (25) an, daß unter Narkose die Ergebnisse der Aufklappbarkeit im Mittel um fünf bis zehn Grad höher liegen als ohne Anästhesie.

Eine weitere Methode, die Effekte der schmerzreflektorischen Anspannung zu umgehen, ist die längerdauernde Belastung, bei der das Schmerzerlebnis nachläßt und die Muskulatur ermüdet, so daß nach einigen Minuten Aufklappbarkeit bzw. Verschieblichkeit am oberen Sprunggelenk nachweisbar ist.

4.2.4. Auswertung der gehaltenen Aufnahmen

Sinn und Zweck der Anfertigung gehaltener Aufnahmen ist es, den Grad der Instabilität des Kapselbandapparates darzustellen und daraus Rückschlüsse auf die traumatisierten Strukturen zu ziehen.

Die Differenzierung in verschiedene Schweregrade der Bandverletzungen erfolgt hierbei nach der mehrfach experimentell belegten Beobachtung (siehe Pathomechanik), daß beim Supina-

tions-Inversions-Adduktions-Trauma die Bänder des Sprunggelenks regelhaft in der Reihenfolge Ligamentum talofibulare anterius - Ligamentum calcaneofibulare - Ligamentum talofibulare posterius reißen.

So versuchte man, experimentell und klinisch Schwellenwerte als Anhaltspunkte für die Anzahl der verletzten Bänder festzulegen. Dank verschiedener Methoden (s. o.) und wahrscheinlich auch unterschiedlicher Operationssorgfalt bei den intraoperativ nachgeprüften Befunden umfaßt die Liste der Ergebnisse, zu denen verschiedene Autoren gelangten, eine durchaus beachtliche Spannweite an verschiedenen Werten. Dies gilt vor allem für die Beurteilung der Aufnahmen im antero-posterioren Strahlengang, für die in der Literatur folgende Werte angegeben werden:

Autor	Jahr	talofib.ant.	talofib.ant. + calc.fib.	talofib.ant. + calc.fib. + talofib.p.
Güttner (36)	1941	10°	10 - 50°	50°
Pennal (63)	1943	16°	28°	30°
Berridge (8)	1944	10°	15 - 45°	45°
Leonard (54)	1949	10°	10 - 30°	30°
Bonnin (11)	1950	5 - 15°	15 - 30°	30°
Anderson (4)	1952	6 - 7°	12 - 13°	30°
Caro (17)	1964	5 - 15°	15 - 30°	30 - 45°
Broström (15)	1965	5 - 16°	5 - 23°	30°
Plaue (64)	1968	-10°	10 - 45°	45°
Dietschi (23)	1973	5°	10 - 20°	20°
Duquenois (25)	1975	10 - 15°	20 - 25°	30°
Wirth (81)	1977	10 - 18°	20 - 30°	30°
Rockenstein (68)	1978	2 - 10°	2 - 29°	11 - 46°
Fröhlich (32)	1980	6 - 12°	10°	
Tiedtke (79)	1981	6 - 10°	10°	
Meeder + (56)	1981	5°	10°	20°
Börner (9)	1982	11 - 16°	16 - 28°	28 - 35°
Ludolph (55)	1985	keine Zuordnung möglich		

+) im Vergleich zur Gegenseite

Im seitlichen Strahlengang ergibt sich ein einheitlicheres Bild, wie man aus nachstehender Tabelle von in der Literatur angegebenen Werten ersehen kann:

Autor	Jahr	talofib.ant. + calc.fib.	talofib.ant. + calc.fib.	talofib.ant. + calc.fib. + talofib.p.
Castaing (21)	1975	8 mm	11 mm	15 mm
Noesberger (60)	1976	6 - 10 mm	-16 mm	16 mm
Seiler [†] (77)	1977	3 - 7 mm	5 - 16 mm	
Dannegger (20)	1979	6 - 10 mm	-16 mm	16 mm
Langer (51)	1980	ab 5 mm	pathologisch	
Meeder (57)	1980	6 - 10 mm	-16 mm	16 mm
Fröhlich (32)	1980	6 - 12 mm	6 mm	
Tiedtke [†] (79)	1981	6 - 12 mm	10 mm	
Ludolph (55)	1985	keine Zuordnung möglich		

[†]) Seitendifferenz

Die antero-posteriore Aufnahme betreffend, läßt sich aus den uneinheitlichen Werten nur der Schluß ziehen, daß wohl Werte ab ca. 5° Aufklappbarkeit den Verdacht auf eine Bandruptur verdichten, daß Werte über 15° oder 20° wohl mit einer kombinierten Verletzung einhergehen und daß bei sehr hohen Werten eine komplette Außenbandruptur wahrscheinlich ist. Im seitlichen Strahlengang liegen die Angaben der Autoren wesentlich näher beisammen, so daß man wohl ab 5 mm Verschieblichkeit ein pathologisches Geschehnis annehmen kann, ab 10 mm mit einer kombinierten Verletzung und ab 16 mm mit kompletter Außenbänderruptur rechnen muß.

Die extreme Auffassung von Ludolph (55), daß man von den Meßwerten am gehaltenen Röntgenbild keine Rückschlüsse auf den Grad der Läsion ziehen kann, widerspricht den Ergebnissen der oben aufgeführten Autoren, die teils in klinischer Beobachtung, teils in experimentellen Untersuchungen zu ihren, wenn auch differierenden Aussagen über den Aussagewert dieser Meßwerte kommen.

Eine weitere Forderung, die den Aussagewert der gehaltenen Aufnahmen absichert, ist das Erstellen jeweils einer Aufnahme der unverletzten Seite zum Vergleich. Daß der Seitenvergleich sinnvoll ist, ist unumstritten. Die unteren Werte, die hierbei als pathologisch gelten, werden von den meisten Autoren im Bereich von 3 bis 5° vermehrter Aufklappbarkeit und etwa 3 bis 5 mm vermehrtem Talusvorschub gegenüber der unverletzten Seite angegeben (vgl. z. B. Burri, 16).

5. Problematik

5.1. Lücken in der Literatur zur Diagnostik von fibularen Kapselbandläsionen

Die Frage, ob gehaltene Aufnahmen des oberen Sprunggelenkes diagnostisch sinnvoll sind, ist ausreichend ausdiskutiert und hat zu deren Einführung als technischem Standarddiagnostikum geführt. Im Zuge der Verminderung der Röntgenstrahlenbelastung des medizinischen Personals und zur Standardisierung der Diagnostik werden seit einigen Jahren im klinischen Bereich vermehrt Halteapparate eingesetzt. So werden auch immer wieder einzelne neue Konstruktionen von Halteapparaten vorgestellt.

Es fehlen jedoch in der Literatur kritische Betrachtungen zur Funktionsweise der einzelnen Haltevorrichtungen, ein Aufzeigen von Fehlermöglichkeiten und ein Vergleich der Wirkungsweise der verschiedenen Geräte und deren Gegenüberstellung mit der handgehaltenen Aufnahme.

Weiterhin erhebt sich die Frage, ob man wirklich aufgrund des Vergleiches einer Haltevorrichtung mit der manuellen Technik (79) schließen kann, daß apparatgehaltene Aufnahmen generell den handgehaltenen überlegen sind.

5.2. Problemstellung

Ziel dieser Abhandlung ist es, die Wirkungsweise, die Fehlermöglichkeiten und somit die Verlässlichkeit speziell des bei uns verwendeten Halteapparates der Firma Telos zu überprüfen, mehrere nach verschiedenen Prinzipien funktionierende Haltevorrichtungen miteinander zu vergleichen und sie der manuellen Haltetechnik gegenüberzustellen, sowie die Frage zu beantworten, ob die apparative Haltetechnik der manuellen tatsächlich überlegen ist.

5.3. Material und Methode

Zur Erreichung dieses Zieles hielten wir folgendes Vorgehen für sinnvoll:

- Die Überprüfung von Fällen mit falsch negativen apparatengedrückten Röntgenbefunden aus unseren Kliniken
- Den Vergleich von vier in der Wirkungsweise verschiedenen Halteapparaten mit der manuellen Haltetechnik im Experiment an Leichen, denen postmortal fibuläre Kapselbänder durchtrennt wurden
- Die Untersuchung des Einflusses einer häufigen Fehlbedienung des bei uns vorzugsweise verwendeten Halteapparates auf die Meßergebnisse anhand einer vereinfachten Modellvorstellung und im Experiment an Patienten mit chronischer fibularer Bandinstabilität.

6. Falsch negative apparategedrückte Röntgenaufnahmen

Ausgangspunkt unserer Arbeit waren Probleme mit der diagnostischen Sicherheit, die bei der Benutzung des bei uns üblicherweise verwendeten und weit verbreiteten Telos-Halteapparates nach Prof. Scheuba, mit dem Aufnahmen im anteroposterioren und im seitlichen Strahlengang möglich sind, auftraten.

Bei der Verwendung dieses Gerätes ist es im Patientengut der Münchner Orthopädischen Universitätskliniken mehrfach zu falsch negativen Röntgenbefunden gekommen. Das heißt, daß bei einer Bandruptur entsprechenden klinischen Zeichen die apparategedrückten Röntgenaufnahmen nicht die Kriterien eines Bänderrisses erfüllten, also unter 5° Aufklappbarkeit bzw. 3° Seitendifferenz oder unter 5 mm Ventralverschieblichkeit bzw. 3 mm Seitendifferenz aufwiesen, obwohl intraoperativ eindeutig Kapselbandrupturen festgestellt werden konnten. Wurden hier jedoch handgehaltene Aufnahmen angefertigt, so fielen diese durchweg positiv aus, d. h. es standen falsch negative apparategehaltene Aufnahmen richtig positiven handgehaltenen gegenüber. Diese Erfahrung widerspricht dem ursprünglichen Zweck, zu dem Halteapparate eingesetzt werden, nämlich der Erhöhung der diagnostischen Zuverlässigkeit durch Standardisierung der Anfertigung gehaltener Aufnahmen.

Wenn die apparategedrückte Röntgenaufnahme ein soviel zuverlässigeres Diagnostikum als die handgehaltene sein soll, wie es etwa Tiedtke (79) feststellte, verwundert es, daß dann immer wieder falsch negative Befunde auftauchen bei Patienten, die handgehalten positive Phänomene im Röntgenbild zeigen.

Dabei taucht die Frage auf, wie diese Aufnahmen zustande kamen.

6.1. Beurteilung der falsch negativen Aufnahmen

Wir haben uns mit einigen Fällen falsch negativer Aufnahmen befaßt. Diese Aufnahmen wurden mit Hilfe des Telos-Halteapparates, dessen Aufbau und Wirkungsweise noch näher erläutert wird, angefertigt (Beispiel: Abb. 4).

Uns fielen dabei folgende Dinge auf:

- Die Haltekräfte lagen durchweg im Bereich von 20 oder 25kp, wären also entsprechend der Bedienungsanleitung des Gerätes voll ausreichend gewesen.
- Bei zehn überprüften Fällen war in der Hälfte die seitliche Aufnahme, in einem Fall die antero-posteriore Aufnahme und in vier Fällen waren die Röntgenbilder in beiden Projektionen falsch negativ.
- In sechs Fällen wurden handgehaltene Aufnahmen angefertigt, die alle eindeutig positive Befunde lieferten.
- Es fiel auf, daß die handgehaltenen Wiederholungsaufnahmen im seitlichen Strahlengang bei vermehrter Plantarflexion gehalten wurden.
- Es waren in keinem Falle krasse Bedienungsfehler wie falscher Ansatz des Druckpunktes oder verkantetes Einspannen des Fußes erkennbar.
- Die Aufnahmen wurden alle ohne Anästhesie durchgeführt, somit bestanden gleichwertige Bedingungen für manuelle und apparategehaltene Aufnahmen.

7. Experimentelle Untersuchungen

Um etwaigen prinzipiellen Mängeln und Fehlermöglichkeiten bei apparategehaltenen Aufnahmen auf die Spur zu kommen, haben wir uns experimentell mit einigen, auf verschiedenen Funktionsprinzipien basierenden, gebräuchlichen Halteapparaten befaßt.

7.1. Halteapparate zur Anfertigung gehaltener Aufnahmen des oberen Sprunggelenks.

Mit zunehmender Bedeutung der gehaltenen Aufnahmen in der Diagnostik von Sprunggelenkstraumen ist wohl auch die Idee, diese Aufnahmen zu standardisieren, aufgetaucht.

Hierzu wurden bereits in den Fünfzigerjahren Halteapparate konstruiert (von Grath, Kleiger, Rubin/Witten und Kempf/Schmitt-Köppler, 45), die zur Anfertigung gehaltener Aufnahmen im antero-posterioren Strahlengang dienten.

In den Siebzigerjahren wurden dann, nicht zuletzt auch des Strahlenschutzes für den Untersucher wegen, zunehmend Halteapparate gebaut, die dann zum Teil weitere Verbreitung fanden.

Hierbei waren Konstruktionen zur Anfertigung seitlicher Röntgenaufnahmen (z. B. von Delplace/Castaing, Seiler/Holzrichter und Noesberger) und solche für seitliche und antero-posteriore Aufnahmen (z. B. von Scheuba und Fröhlich/Gotzen). Wir beschränken uns bei unseren Betrachtungen auf die vier prinzipiell verschieden arbeitenden Halteapparate, die wohl bisher in unserem Sprachraum am weitesten verbreitet sind.

Es sind dies folgende Geräte:

- Der Lagerungsbock nach Seiler und Holzrichter zur Anfertigung seitlicher Aufnahmen,
- der Halteapparat nach Noesberger zur Anfertigung seitlicher Aufnahmen,
- der Telos-Halteapparat nach Scheuba zur Anfertigung von seitlichen und antero-posterioren Aufnahmen und
- der Rippstein-Halteapparat zur Anfertigung von seitlichen und antero-posterioren Aufnahmen.

Unter diesen galt ein besonderes Augenmerk dem Telos-Halteapparat, da mit diesem wohl momentan meist verbreiteten Halteapparat mehrfach jene falsch negativen Aufnahmen aufgetreten waren.

7.1.1. Der Seiler-Holzrichter-Lagerungsbock (Abb. 5/4)

Der Lagerungsbock nach Seiler und Holzrichter (77) ist ein symmetrischer hohler Kunststoffbock mit Impressionen zur Anlagerung beider Füße. Legt man einen Fuß in die für ihn bestimmte Mulde, so liegt er in ca. 20° Innenrotation und leichter (ca. 10°) Plantarflexion einer zwischen den beiden Fußmulden einschiebbaren Röntgenkassette an.

Die Haltekraft wird mit Hilfe eines Schrotkugelsackes, der proximal der Knöchel über den Unterschenkel gelegt wird, erbracht.

Dieser Schrotkugelsack war in unserem Falle 8 kg schwer. Mittels dieser Krafteinwirkung parallel zur Röntgenplatte soll eine Ventralverschieblichkeit des Talus erreicht werden, die dann auf das Röntgenbild projiziert wird.

7.1.2. Der Noesberger-Halteapparat (Abb. 5/3)

Der Halteapparat nach Noesberger (60) besteht aus einem zweischienigen ausziehbaren Stahlrohrgestell, das an verschiedene Unterschenkellängen anpassbar ist, und einer Anlegeplatte für den Fuß mit Fersenkappe sowie zwei Haltebändern zur Kraftausübung. Das Bein wird unmittelbar distal der Kniekehle auf den Halteapparat gelegt, so daß der Fuß auf der Fersenkappe abgestützt der Fußplatte anliegt. Durch das Anlegen einer Plexiglasleiste wird der Fuß am lateralen Rand in ca. 25° Innenrotation gehalten, während die Fußplatte den Fuß in ca. 5 - 10° Plantarflexion einstellt. Das Knie ist durch die Erhöhung des Halteapparates ca. 20° gebeugt. Die Kraft wird auf das Sprunggelenk durch zwei Halteschlaufen ausgeübt, die, am Stahlrohrgestell befestigt, ventral den Unterschenkel umspannen und mit einem Klettverschluß fixiert werden können. Die Haltekraft ist nicht meßbar und vom Empfinden des Untersuchers abhängig. Die Röntgenplatte liegt auf einer Halterung dem medialen Fußrand an und steht etwa parallel zur Kraftrichtung.

7.1.3. Der Telos-Halteapparat (Abb. 5/1).

Der Telos-Halteapparat nach Scheuba ist geeignet für gehaltene Röntgenaufnahmen im antero-posterioren und im seitlichen Strahlengang.

Er besteht aus sechs Elementen:

- Einer stabilen, breiten Stahlschiene zur Führung der anderen Elemente,
- zwei auf dieser Führungsschiene in der Röntgentischebene senkrecht stehenden, auf der Schiene verschiebbaren Halte-

rahmen aus Stahl mit jeweils zwei Lochungen zur variablen Befestigung der Fußfixationshilfen,

- einer in diesen Lochungen senkrecht zur Tischebene stehenden Fixationshilfe als Gegenlager für den Unterschenkel, angefertigt aus Stahl und mit Kunststoff gepolstert,
- einem Fußhalter, ebenfalls aus Stahl mit Kunststoffpolsterungen.

Dieser Fußhalter ist für Aufnahmen im seitlichen Strahlengang mit einem Zapfen auf einem der beiden Halterahmen fixiert und dient als Auflage für den Fuß im Calcaneusbereich. Für den antero-posterioren Strahlengang wird der Fußhalter mit einem anderen Zapfen in eine der vorhandenen Lochungen gesteckt und ist um diesen Zapfen rotierbar. Der Fuß liegt im Calcaneusbereich dorsal und medial an und wird am lateralen Fußrand mit einem Schwenkbügel fixiert. Er ist hierbei etwas innenrotiert und dorsalflektiert, da jedoch nur am Calcaneus fixiert wird, können hier erhebliche Streubreiten auftreten.

- Einem Drucksupport mit elektronischer Kraftmeßeinrichtung, das ebenfalls aus Metallteilen aufgebaut und im Andrückbereich mit Kunststoff gepolstert ist.

Dieses Support ist auf der Führungsschiene verschiebbar und sollte so angelagert werden, daß die Druckplatte ca. 2 cm proximal des Innenknöchels ansetzt. Durch einen Schraubmechanismus kann Kraft auf das Sprunggelenk ausgeübt werden, die, für den Ort der Druckeinwirkung gemessen, auf einer elektronischen Digitalanzeige ablesbar ist.

Zur Erstellung von Aufnahmen im seitlichen Strahlengang sollte das Knie ca. 30°, im antero-posterioren Strahlengang etwa 20° gebeugt sein. Werden Aufnahmen in beiden Ebenen gemacht, muß der Patient umgelagert werden, da die Kraft nur

parallel zur Röntgentischebene ausgeübt werden kann; der Apparat selbst muß hierzu umgebaut werden. Erwähnenswert ist, daß hier die Kraftrichtung nicht variabel ist und daß bei antero-posterioren Aufnahmen vom Rückfuß her supiniert wird. Der Patient liegt bei Aufnahmen im seitlichen Strahlengang auf der zu untersuchenden Körperseite, im antero-posterioren auf dem Rücken.

7.1.4. Der Halteapparat nach Rippstein (Abb. 5/2).

Der Halteapparat der Firma Sodem nach Rippstein ist wie der Telos-Apparat geeignet für antero-posteriore und seitliche Röntgenaufnahmen.

Er besteht aus fünf Elementen:

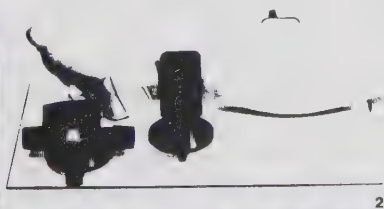
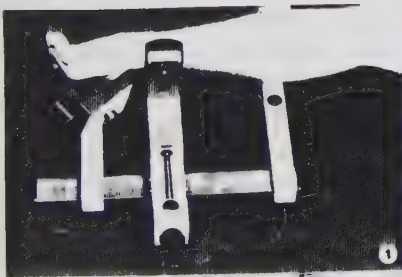
- Zwei Gegenhalter zur Fixation des Unterschenkels, die auf dem Röntgentisch mit großen Saugnapfen fixiert werden können. Von diesen Gegenhaltern wird einer immer auf der Seite der Zugrichtung der Haltevorrichtung knapp proximal des oberen Sprunggelenks angebracht, während der andere auf der Gegenseite knapp distal des Kniegelenkes befestigt wird.
 - Zwei ca. 5 cm breiten, an den Auflageflächen gepolsterten Halteschlaufen mit Ösen zum Einhängen an der Haltevorrichtung,
 - einer Haltevorrichtung mit elektronischer Anzeige der am Gerät einwirkenden Haltekraft, auf dem Untergrund zu befestigen mit einem großen Saugnapf.
- Die Zugvorrichtung ist in allen Ebenen beweglich auf der Saugnapffixierung gelagert. Die Zugkraft wird durch einen Schraubmechanismus ausgeübt und elektronisch digital angezeigt.

Abb.4 : Ein Beispiel von falsch negativer apparategedrückter und positiver handgehaltener Röntgenaufnahme :



Abb.5 : Die Halteapparate nach

- | | |
|------------------|--------------------------|
| (1) Scheuba | (2) Rippstein |
| (3) Noesberger | (4) Seiler/Holzrichter |



Für die Aufnahme im seitlichen Strahlengang wird eine Halteschleife dorsal um den Calcaneus gelegt und an der Zugvorrichtung eingehängt. Für die Aufnahme im antero-posterioren Strahlengang legt man eine Halteschleife um den Innenknöchel, so daß sie über den Fußrücken um den lateralen Fußrand läuft und hängt sie dann am medial vom Fuß liegenden Zugapparat an. Die Fußstellung ist in beiden Projektionen nicht fixiert, weist aber bei sachgemäßem Anlegen der Haltevorrichtung jeweils leichte Innenrotation und Plantarflexion auf. Bei Aufnahmen im seitlichen Strahlengang liegt der Patient auf der zu untersuchenden Körperseite, im antero-posterioren Strahlengang auf dem Rücken.

7.2. Durchführung der Experimente an der Leiche.

Um einen Anhalt zur Beurteilung der Geräte zu haben, um deren Funktionsweise und Handhabung zu prüfen, und um zu sehen, ob die handgehaltene Aufnahme wirklich unbedingt der apparatgehaltenen überlegen ist, haben wir uns experimentell mit diesen Apparaten beschäftigt.

Diese Experimente fanden an Leichen statt.

Nach Freipräparieren des oberen Sprunggelenks wurde den Leichen das Ligamentum talofibulare anterius durchtrennt, um dann Röntgenaufnahmen mit den Geräten nach Scheuba, Rippstein, Noesberger und Seiler/Holzrichter sowie manuell gehalten im seitlichen Strahlengang anzufertigen.

Im antero-posterioren Strahlengang wurden diese Aufnahmen mit den Geräten nach Scheuba und Rippstein sowie handgehalten erstellt.

Ebenso wurde nach zusätzlicher Durchtrennung des Ligamentum calcaneofibulare verfahren. Bei der handgehaltenen antero-posterioren Aufnahme wurde der gesamte Fuß in leichter Plantarflexion supiniert und adduziert.

Die Auswertung der Röntgenaufnahmen im seitlichen Strahlengang erfolgte nach Delplace/Castaing durch Messung des Abstandes zwischen Talusrollkante und Tibiabasis.

Die Auswertung der Röntgenaufnahmen im antero-posterioren Strahlengang erfolgte durch Messung des Öffnungswinkels zwischen Tibia und Talus.

7.3. Ergebnisse der Versuche an Leichen.

Die Ergebnisse der Versuche sind auf den Tabellen dargestellt (siehe Tabellen 1 und 2 sowie graph. Darstellung 1 und 2). Die statistische Verwertbarkeit ist durch die geringe Fallzahl ($n = 6$) begrenzt. Man kann jedoch auf Grund der Ergebnisse einige Aussagen treffen:

Die isolierte Durchtrennung des Ligamentum talofibulare anterius erlaubte im antero-posterioren Strahlengang eine Taluskipfung von $4 - 13^\circ$. Manuell gehalten waren hier die Aufklappwinkel am größten und beim Rippstein-Gerät nur etwas niedriger, jedoch noch höher als beim Scheuba-Gerät. Bei der seitlichen Aufnahme war die manuell gehaltene diejenige mit den größten Durchschnittswerten und der geringsten Streubreite der Werte für die Talussubluxation. Der Seiler/Holzrichter-Lagerungsbock und der Noesberger-Apparat lieferten einander ähnliche Werte, die jedoch deutlich niedriger lagen als bei der manuell gehaltenen Aufnahme.

Tab.1 : Meßwerte bei isolierter Durchtrennung des Ligamentum talofibulare anterius. (n = 6)

Halteapparat	Aufklappbarkeit in °			anterolaterale Instabilität in mm		
	von	bis	Mittelwert	von	bis	Mittelwert
Scheuba	4	10	7	5	9	6,5
Rippstein	6	12	8	5	9	6,5
Noesberger	-	-	-	5	6	5
Seiler-Holzrichter	-	-	-	4	7	5
manuell	6	13	9	6	8	7

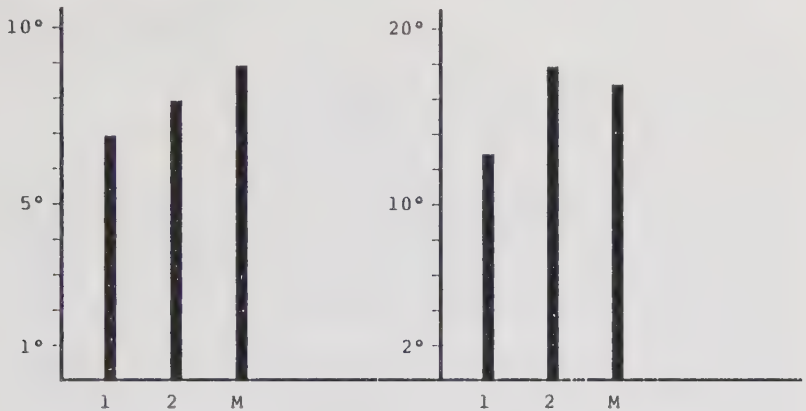
Tab.2 : Meßwerte nach zusätzlicher Durchtrennung des Ligamentum calcaneofibulare (n = 6)

Halteapparat	Aufklappbarkeit in °			anterolaterale Instabilität in mm		
	von	bis	Mittelwert	von	bis	Mittelwert
Scheuba	5	20	13	7	12	8
Rippstein	6	27	19	7	13	8
Noesberger	-	-	-	5	12	8
Seiler-Holzrichter	-	-	-	5	8	7
manuell	7	23	17	7	13	9

Graph. Darstellung 1 :

Mittelwerte im antero-posterioren Strahlengang

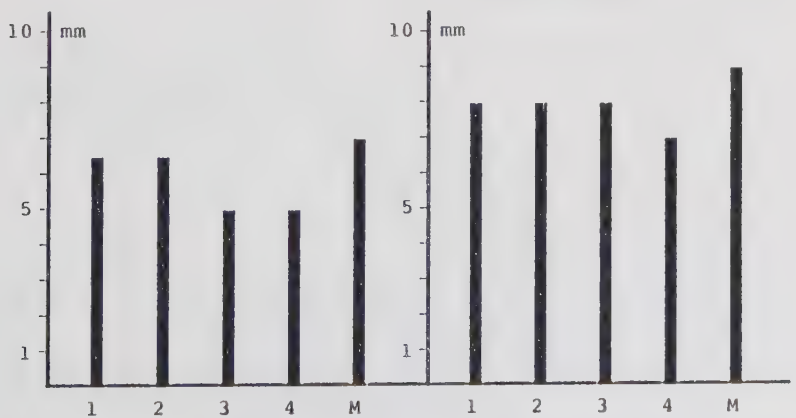
Lig. tf. ant. durchtrennt Lig. calc. fib. zusätzl. durchtr.



Graph. Darstellung 2 :

Mittelwerte im seitlichen Strahlengang

Lig. tf. ant. durchtrennt Lig. calc. fib. zusätzl. durchtr.



(1 = Scheuba, 2 = Rippstein, 3 = Noesberger, 4 = Seiler/H.,
M = Manuell)

Die Apparate nach Scheuba und Rippstein brachten beinahe identische Ergebnisse, wobei diese im Mittel nur wenig unter den handgehaltenen Aufnahmen lagen.

Nach zusätzlicher Durchtrennung des Ligamentum calcaneofibulare zeigten sich folgende Resultate:

Im antero-posterioren Strahlengang erbrachte das Rippstein-Gerät die größten Taluskippwinkel und die größte Streubreite. Der Scheuba-Apparat lag beim Durchschnittswert ebenso wie beim Maximal- und Minimalwert niedriger.

Die manuell erzielten Aufklappbarkeiten lagen im Mittel zwischen den Werten der beiden Halteapparate.

Im seitlichen Strahlengang zeigten sich bei den Geräten nach Noesberger, Rippstein und Scheuba in etwa ähnliche Werte für die Talussubluxation, während der Seiler/Holzrichter-Lagerungsbock deutlich gegenüber den anderen Haltevorrichtungen abfiel.

Der manuell erzielten Talussubluxation kamen die Ergebnisse des Rippstein-Apparates noch am nächsten.

7.4. Einfluß der Druckpunkteinstellung beim Scheuba-Gerät auf die Meßergebnisse.

Bei der Durchführung der Experimente an den Leichen wurden Bedienungsfehler bei den Apparaten möglichst vermieden. Doch gerade bei dem Gerät, das momentan wohl am meisten verbreitet ist, beim Telos-Halteapparat, ist durch Unachtsamkeit ein Bedienungsfehler sehr leicht möglich:

Der Ansatz des Druckpunktes an einer weiter proximal, aber auch weiter distal liegenden Stelle als, entsprechend der Bedienungsanleitung, zwei Zentimeter oberhalb des Innenknöchels. Da wir häufiger diesen Bedienungsfehler beobachten konnten, - ein Beispiel dafür ist etwa eine Veröffentlichung von Schmülling/Weiß (76), wo der Ansatz dieses Druckpunktes bei den abgedruckten Röntgenbildern sehr stark differiert -,

haben wir uns die Frage gestellt, ob dies wohl auch einen Einfluß auf die Befunde haben, ja sogar falsch negative Befunde zur Folge haben könnte.

7.4.1. Modellvorstellung

Um den Effekt der Verlagerung des Druckpunktes am Scheubagerät rechnerisch abschätzen zu können, gehen wir von einer vereinfachten Modellvorstellung aus.

Wir betrachten hierbei den im Halteapparat eingespannten Unterschenkel und Fuß als Stab unbekannter Konsistenz, der an zwei Stellen fest gelagert ist und auf den zwischen den beiden Lagerungspunkten eine Kraft einwirkt.

Dabei entsteht an jedem Punkt zwischen diesen Lagerungspunkten ein berechenbares Biegemoment.

Auf die Verhältnisse am oberen Sprunggelenk übertragen, hätte man hier einen Stab mit einer am lädierten oberen Sprunggelenk erhöhten Biegekonstante, so daß das angewandte Biegemoment je nach Einstellung des oberen Sprunggelenks eine seitliche Aufklappung oder eine Dorsalverschiebung der Tibia gegenüber der Talusrolle bewirkte.

7.4.2. Theoretische Berechnung

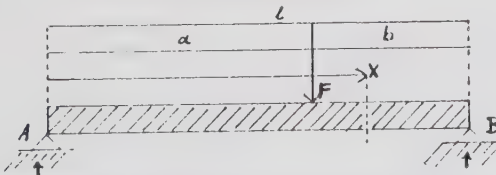


Abb.6 : Modellvorstellung zur theoretischen Berechnung
 A, B = Kräfte, die auf die Lagerungspunkte einwirken
 F = Senkrecht auf den Stab einwirkende Kraft
 l = Abstand von A zu B
 a = Abstand von A zu F
 b = Abstand von F zu B
 x = Variabler Punkt, auf der Strecke l im Abstand von A entfernt, auf den das Biegemoment M einwirkt

Für die Kräfte an den Lagerungspunkten gilt:

$$A = F \frac{b}{l}$$

$$B = F \frac{a}{l}$$

Für das Biegemoment M an der Stelle x gilt:

$$\text{bei } 0 \leq x \leq a : M(x) = Ax$$

$$\text{bei } a \leq x \leq l : M(x) = B(l - x)$$

Zur modellhaften Berechnung setzen wir nun Maße ein, wie sie bei ordnungsgemäßer Handhabung des Halteapparates vorkommen können (Druckpunkt 2 cm oberhalb des Innenknöchels) und rechnen dann zum Vergleich mit um 5 cm nach "proximal" verlagertem, also 7 cm oberhalb des Innenknöchels liegendem Druckpunkt.

Normale Druckpunkteinstellung:

$$l = 40 \text{ cm} \quad F = 200 \text{ N}$$

$$x = 35 \text{ cm}$$

$$a = 33 \text{ cm}$$

Verlagerte Druckpunkteinstellung:

$$l = 40 \text{ cm} \quad F = 200 \text{ N}$$

$$x = 35 \text{ cm}$$

$$a = 28 \text{ cm}$$

Was nun interessiert, ist, in welchem Verhältnis das Biegemoment am Punkt x (bzw. "oberes Sprunggelenk") sich ändert, wenn der Druckpunkt um 5 cm in Richtung von A verlagert wird.

$$\frac{M_1}{M_2} = \frac{F \frac{a_1}{l} (1 - x)}{F \frac{a_2}{l} (1 - x)}$$

Bei konstanter Kraft F ergibt sich:

$$\frac{M_1}{M_2} = \frac{a_1}{a_2}$$

$$\frac{M_1}{M_2} = \frac{33 \text{ cm}}{28 \text{ cm}}$$

$$\frac{M_1}{M_2} = \frac{1,18}{1,00}$$

Somit ist in diesem Modell das Biegemoment, das auf den Punkt x (bzw. das "obere Sprunggelenk") einwirkt, bei vorschriftsmäßiger Anlagerung des Druckpunktes um ca. 20 % höher als bei um 5 cm in Richtung oberes Gegenlager versetztem Druckpunkt.

7.4.2.1. Diskussion der Ergebnisse der Modellvorstellung.

Grundsätzlich kann man zwei Standpunkte bei der Interpretation dieser Modellvorstellung und der Ergebnisse einnehmen:

- Man mißt dem Modell wenig Aussagekraft über die tatsächlichen Verhältnisse am oberen Sprunggelenk zu, da es die muskuläre Stabilisierung und die komplexe Anatomie und Mechanik der beteiligten Strukturen übergeht.

Selbst wenn man dieses Modell annimmt, scheinen 20 % mehr oder weniger Biegemoment nicht soviel, daß dies eine wesentliche Bedeutung für das Untersuchungsergebnis haben muß.

- Man hält das Modell für aussagekräftig. Da grundsätzlich davon ausgegangen wird, daß das obere Sprunggelenk bei entspannter Muskulatur beurteilt wird, scheint es nicht unrealistisch, die muskuläre Fixierung außer Betracht zu lassen. Außerdem müßte sich bei muskulärer Anspannung gegen das Aufklappen oder Verschieben im Halteapparat ein Verlust an ausgeübter Kraft eher umso mehr auswirken. Was die Anatomie und Mechanik des oberen Sprunggelenks anbelangt, entspricht deren mangelnde Würdigung durch das Modell durchaus der Funktionsweise des Scheuba-Apparates.

Ob die 20 % Verlust an Biegemoment auch einen geringeren Aufklappwinkel oder eine geringere Talusrollensubluxation bewirken, kann sicher nicht pauschal beantwortet werden. Wir konnten im Leichenversuch unter dem Bildwandler beobachten, daß im Halteapparat bei Krafteinwirkungen, die normalerweise keine zusätzlichen Läsionen setzen, also im Bereich bis 250 N, Bandverletzungen je nach Ausprägung bei von 0 N ansteigender Belastung Aufklapp- bzw. Verschiebephänomene auftreten, die zunehmen und einem Maximalwert zustreben (vgl. Delplace/Castaing, 21).

Die Belastung, ab der diese Maximalwerte erreicht werden, ist von so vielen verschiedenen Einflüssen abhängig (z. B. anatomische Gegebenheiten, verletzte Strukturen, Muskeltonus, degenerative Veränderungen), daß sie eine hohe Streubreite haben muß. So gesehen kann es durchaus sein, daß unter Gegebenheiten, unter denen diese Maximalwerte bei der beim Scheuba-Gerät größtmöglichen Belastung von 250 N erreicht würden, die Werte wesentlich geringer sind, wenn stattdessen am Gelenk 20 % weniger Kraft ansetzt.

7.4.2.2. Zusammenfassung der theoretischen Betrachtungen.

Die Berechnung der Krafteinwirkung und der resultierenden Momente an einem, dem Scheuba-Gerät nachempfundenen einfachen Gedankenmodell ergab, daß das Biegemoment am fiktiven Sprunggelenk um ca. 20 % höher ist, wenn der Druckpunkt zwei cm statt sieben cm von diesem gedachten Gelenk entfernt ist. Dies kann nach unseren Überlegungen zur Folge haben, daß im üblichen Meßbereich (150 - 250 N) bei zu weit vom Sprunggelenk entfernt angesetzter Belastung geringere Aufklappbarkeiten bzw. Verschieblichkeiten als bei ordnungsgemäßer Anlagerung auftreten.

7.4.3. Röntgenuntersuchungen klinisch instabiler Sprunggelenke mit Verlagerung des Druckpunktes.

Nach diesen theoretischen Überlegungen ist nun von Interesse, wie sich die Verlagerung des Druckpunktes am Scheuba-Gerät im Experiment auf die Meßwerte am Röntgenbild auswirkt. Hierzu wurden klinisch instabile obere Sprunggelenke im Scheuba-Gerät eingespannt und jeweils im antero-posterioren und im seitlichen Strahlengang zunächst mit Ansetzen des Druckpunktes zwei cm oberhalb des Innenknöchels und danach sieben cm proximal des Innenknöchels geröntgt.

Die am Druckpunkt einwirkende Kraft wurde für beide Ansatzpunkte jeder Projektion gleich gewählt und lag je nach Konstitution des Patienten zwischen 150 und 250 N.

Die Auswertung der Röntgenbilder erbrachte Folgendes (vgl. Tab. 3 und 4 sowie graph. Darstellung 3):

Tab.3 : Die Auswertung der Röntgenbilder brachte folgende Ergebnisse:

Im antero-posterioren Strahlengang

(n = 8)

Aufklappbarkeit mit Druckpunkt	Absolute Werte von bis		Mittelwert
2 cm oberhalb des Innenknöchels	2°	27°	8,5°
7 cm oberhalb des Innenknöchels	0°	23°	6,6°

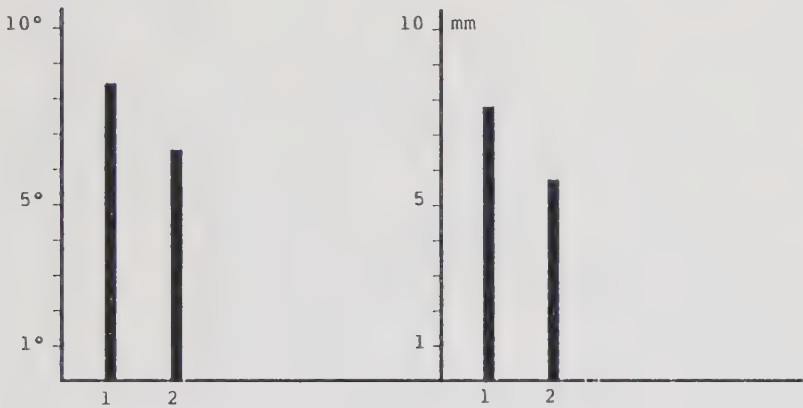
Tab.4 : Im seitlichen Strahlengang

(n = 8)

Anterolaterale Insta- bilität mit Druckpunkt	Absolute Werte von bis		Mittelwert
2 cm oberhalb des Innenknöchels	4 mm	12 mm	7,9 mm
7 cm oberhalb des Innenknöchels	3 mm	11 mm	5,8 mm

Graph. Darstellung 3:
Mittelwerte
im antero-posterioren

im seitlichen Strahlengang



(1 = normaler Druckpunktansatz 2 cm proximal des Innenknöchels

2 = um 5 cm nach proximal verlagter Druckpunkt)

Die Taluskipfung fiel in 6 von 8 Fällen bei vorschriftsmäßigem Ansatz des Druckpunktes höher aus als bei um 5 cm nach proximal verlagertem Druckpunkt. In 2 Fällen änderten sich die Meßwerte nicht, in 2 Fällen war nach Verlagerung des Druckansatzes nach proximal bei gleicher Haltekraft keine Taluskipfung mehr meßbar.

Die Talussubluxation war in allen Fällen höher, wenn der Drucksupport ordnungsgemäß angelagert war.

Entsprechend den vorausgegangenen theoretischen Betrachtungen könnte man die Erwartung formulieren, daß sich die Werte sowohl für die Aufklappbarkeit von Tibia und Talus als auch für die Talussubluxation um ca. 16 % vermindern, wenn man den Druckpunkt um ca. 5 cm nach proximal verlagert.

Die tatsächlichen Werte lauten:

Im antero-posterioren Strahlengang

Mittelwert: - 22 %

Einzelwerte:

1	2	3	4	5	6	7	8
-30%	0%	-18%	0%	-33%	-15%	-100%	-100%

Im seitlichen Strahlengang

Mittelwert: - 27 %

Einzelwerte:

1	2	3	4	5	6	7	8
-14%	-50%	-33%	-25%	-33%	-8%	-33%	-25%

Im antero-posterioren Strahlengang wird der Erwartungswert im Mittel etwa erreicht, die Einzelwerte differieren jedoch sehr stark.

Im seitlichen Strahlengang liegt das Mittel etwas höher als der Erwartungswert, die Einzelwerte liegen bis auf einen jedoch noch in einer vergleichbaren Größenordnung.

7.5. Fehlerbetrachtung

7.5.1. Fehlerquellen bei der Durchführung der Versuche.

7.5.1.1. Leichenversuche

Durch unsachgemäße Bedienung der Halteapparate sowie schlechte manuelle Haltetechnik ergeben sich große Möglichkeiten, Meßfehler zu produzieren. Bei den Versuchen wurde jedoch größter Wert auf eine funktionsgerechte Bedienung der Halteapparate gelegt.

An den Halteapparaten mit digitaler Kraftanzeige konnte die Haltekraft auf gleichem Niveau eingestellt werden, bei dem Seiler-Holzrichter-Lagerungsbock stand die Kraft durch das Gewicht des Schrotkugelsackes fest. Am Noesberger-Apparat war die ausgeübte Haltekraft ebenso wie bei den handgehaltenen Aufnahmen nicht meßbar und somit Gefühlssache. Die sich aus diesen Tatsachen ergebenden Einflüsse auf die Ergebnisse sind nicht quantifizierbar. Als Fehler sind sie beim Vergleich der Techniken eigentlich auch nicht zu bezeichnen, da sie die Eigenart der verschiedenen zu vergleichenden Methoden ausmachen.

7.5.1.2. Versuche mit Druckpunktverlagerung.

Auch hier können Bedienungsfehler Einfluß auf die Ergebnisse nehmen; zu denken wäre etwa an ein verkantetes Einspannen des Fußes in den Scheuba-Apparat. Jedoch wurde bei diesen Aufnahmen jedenfalls großer Wert auf sorgfältige Bedienung des Halteapparates gelegt.

Da die Druckpunkteinstellung nicht absolut exakt festzulegen ist, muß man wohl annehmen, daß sowohl die Standardstellung von 2 cm oberhalb des Innenknöchels um ± 1 cm differieren kann, ebenso wie dies auch für die um 5 cm nach proximal

verschobene Einstellung des Druckpunktes gilt. Nimmt man als minimale Distanz der beiden Druckpunktansatzstellen 3 cm und als maximale Distanz 7 cm an, so ist nach der theoretischen Berechnung des Erwartungswertes (s. 7.4.2.) statt einer Erhöhung der ausgeübten Kraft um 18 % bei Verlagerung des Druckpunktes nach distal im einen Fall eine Erhöhung um 10 %, im anderen Fall um 26 % anzusetzen.

7.5.2. Fehler bei der Auswertung der Röntgenbilder.

Da die Meßwerte an den Röntgenbildern mit einfachen Meßmethoden, d. h. unter Zuhilfenahme von Lineal und Winkelmesser, bei denen jeweils nur in ganzen Graden und ganzen Millimetern abgelesen werden kann, festgestellt werden, muß man hier eine Meßgenauigkeit von $\pm 0,5$ mm für die seitliche Aufnahme und $\pm 5^\circ$ für die antero-posteriore Aufnahme annehmen.

Durch ungenaues Anlegen der Meßschenkel des Winkelmessers und des Lineals sowie durch nicht ganz achsengenaue Projektion in beiden Strahlengängen erhöht sich der Meßfehler auf geschätzt ± 1 mm für die seitliche Projektion und $\pm 1^\circ$ für die antero-posteriore Projektion.

Fröhlich (32) gibt für den antero-posterioren Strahlengang eine Meßtoleranz von 1° an; dies scheint aus den oben angeführten Gründen jedoch zu wenig.

Bezieht man die erwähnte Fehlerbreite in die Ergebnisse mit ein, so ergibt sich folgendes Bild:

a) Versuche an Leichen.

(vgl. Tab. 5 und graph. Darstellung 4 und 5)

In der antero-posterioren Projektion sind bei isolierter Durchtrennung des Ligamentum talofibulare anterius die erzielten Aufklappbarkeiten mit dem Scheuba-Gerät unter Ausnutzung der Fehlerbreite geringer oder bestenfalls gleich groß wie bei den manuell gehaltenen Aufnahmen, während die

Werte des Rippstein-Apparates sich mit denen in manueller Haltetechnik breiter überschneiden, hier also etwa Gleichwertigkeit angenommen werden kann.

Nach zusätzlicher Durchtrennung des Ligamentum calcaneofibulare ist der Rippstein-Apparat dem Scheuba-Gerät auch unter Berücksichtigung der Fehlerbreite überlegen, wird jedoch von der handgehaltenen Aufnahme beinahe erreicht.

Im seitlichen Strahlengang liegen die Werte des Noesberger-Apparates und des Seiler-Holzrichter-Lagerungsbockes nach isolierter Durchtrennung des Ligamentum talofibulare anterius niedriger oder bestenfalls auf gleichem Niveau wie bei der handgehaltenen Aufnahme, während die Halteapparate nach Scheuba und Rippstein in etwa an die manuell gehaltenen Resultate herankommen.

Bei zusätzlicher Durchtrennung des Ligamentum calcaneofibulare überschneiden sich die Bandbreiten der Ergebnisse, der Seiler-Holzrichter-Lagerungsbock fällt jedoch gegenüber der manuellen Haltetechnik etwas ab und könnte günstigstenfalls ihre Ergebnisse erreichen.

b) Versuche mit Verlagerung des Druckpunktes.

(vgl. Tab. 6 und graph. Darstellung 6)

Setzt man die Extremwerte der Fehlerbreite ein, so sind im antero-posterioren Strahlengang die Ergebnisse in etwa gleichbleibend oder deutlich niedriger, im seitlichen Strahlengang geringfügig oder deutlich niedriger, wenn der Druckpunkt nach proximal verlagert ist.

Tab.5 : Mittelwerte der Versuche an Leichen unter Berücksichtigung der Fehlerbreite

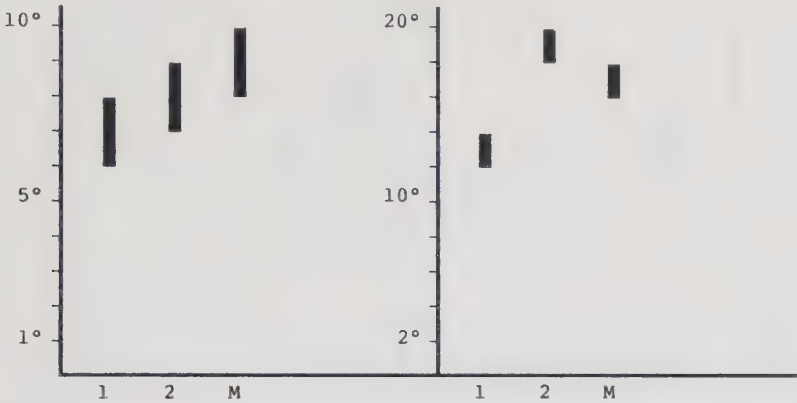
Halteap- parat	isolierte Durchtrennung des Ligamentum talo- fibulare anterius	zusätzliche Durch- trennung des Liga- mentum calcaneo- fibulare		
	Aufklapp- barkeit	Talussub- luxation	Aufklapp- barkeit	Talussub- luxation
Scheuba	6 - 8°	5,5-7,5 mm	12 - 14°	7 - 9 mm
Rippstein	7 - 9°	5,5-7,5 mm	18 - 20°	7 - 9 mm
Noesberger	-	4 - 6 mm	-	7 - 9 mm
Seiler- Holzrichter	-	4 - 6 mm	-	6 - 8 mm
manuell	8 - 10°	6 - 8 mm	16 - 18°	8 -10 mm

Tab.6 : Mittelwerte der Versuche mit Druckpunktverlagerung unter Berücksichtigung der Fehlerbreite

Druckpunkt-	Aufklappbarkeit	Talus- subluxation
2 cm oberhalb des Innenknöchels	7,5 - 9,5°	6,9 - 8,9 mm
7 cm oberhalb des Innenknöchels	5,6 - 7,6°	4,8 - 6,8 mm

Graph. Darstellung 4 :

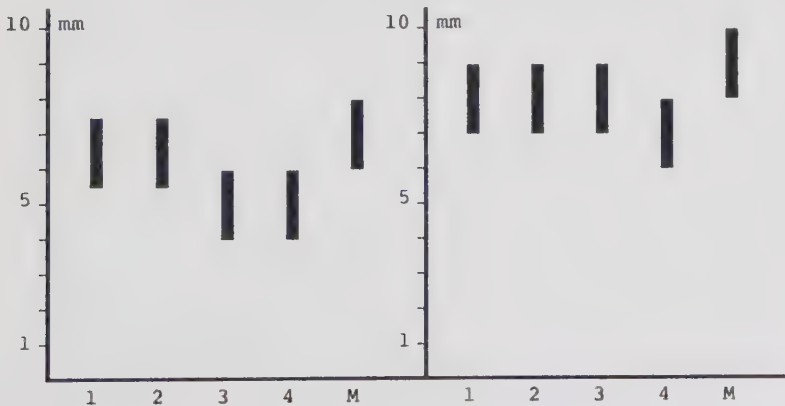
Fehlerbereiche bei den Leichenexperimenten im a.-p.-Strahlengang
 Lig. tf. ant. durchtrennt Lig. calc. fib. zusätzl. durchtr.



Graph. Darstellung 5 :

Fehlerbereiche im seitlichen Strahlengang

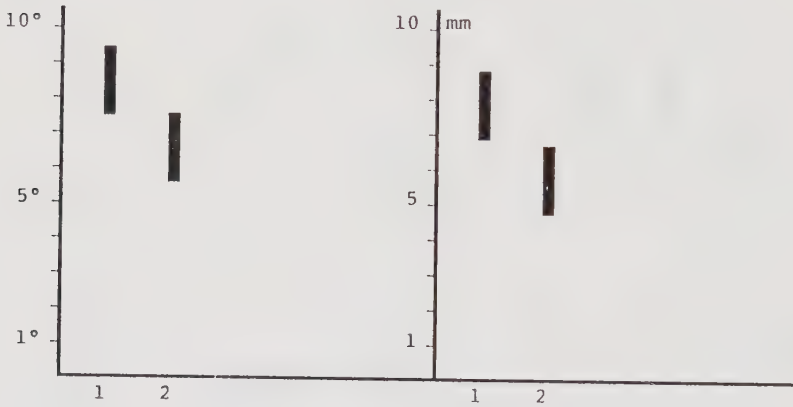
Lig. tf. ant. durchtrennt Lig. calc. fib. zusätzl. durchtr.



(1 = Scheuba, 2 = Rippstein, 3 = Noesberger, 4 = Seiler/H.,
 M = Manuell)

Graph. Darstellung 6 :

Fehlerbereiche bei den Versuchen mit Druckpunktverlagerung
im antero-posterioren im seitlichen Strahlengang



(1 = Normaler Druckpunktansatz

2 = Um 5 cm nach proximal verlagerter Druckpunkt)

8. Diskussion der Ergebnisse

Setzt man sich mit der gehaltenen Aufnahme des oberen Sprunggelenkes auseinander, so muß man sich überlegen, welche Phänomene bei ihrer Anfertigung ausgelöst werden und wie das am wirkungsvollsten geschieht.

Ziel ist es, im antero-posterioren Strahlengang den größtmöglichen Kippungswinkel des Talus gegenüber der Tibia und im seitlichen Strahlengang die größtmögliche ventrale Subluxation des Talus zu erreichen.

Hierfür ist der richtige Einsatz einer ausreichenden Haltekraft notwendig.

Im antero-posterioren Strahlengang scheint uns die Lösung, die die Böhler'sche Schule (36) anbietet, die zweckmäßigste zu sein, d. h. die Supination und Adduktion des Fußes in Plantarflexion durch Kraftausübung auf den gesamten Fuß, denn hierbei ermöglichen der gute Hebel und der annäherungsweise Nachvollzug des Unfallmechanismus gute Resultate.

Beim seitlichen Strahlengang gilt es zu berücksichtigen, daß die Vorstellung, hier würde bei einer Bandruptur eine anteriore Schublade auslösbar, nicht ganz der Realität entspricht.

Wenn die vorderen und seitlichen Anteile des fibularen Kapselbandapparates durchtrennt sind, besteht medial immer noch die Fixierung durch das Ligamentum deltoideum. Somit läßt sich durch Krafteinwirkung auf das obere Sprunggelenk von dorsal her eine Schublade auslösen, bei der der Fuß durch die mediale Fixation eine zusätzliche Rotationsbewegung um den Innenknöchel vollführt.

Es entsteht also eine Rotationsschublade mit anterolateraler Instabilität (vgl. Wirth, 82). Delplace/Castaing (21) stellen diese Bewegung wie die eines Pferdekopfes (symbolisch: der Talus) dar, bei dem der eine Zügel (symbolisch: Ligamentum talofibulare anterius) gerissen ist, während der andere Zügel

noch intakt ist (symbolisch: Ligamentum deltoideum). Der Pferdekopf kann um die Fixationsstelle des festen Zügels noch eine Rotationsbewegung ausführen (s. Abbildung 7).

Die Schlußfolgerung daraus für die Optimierung der gehaltenen Aufnahme im seitlichen Strahlengang ist, daß Fuß und Unterschenkel nicht gegeneinander in einem bestimmten Winkel fixiert sein sollen, damit diese Rotationsbewegung nicht gehemmt wird.

Die Ausgangsstellung des Fußes mit ca. 20 - 25° Innenrotation und 5 - 10° Plantarflexion ist aus Gründen der Projektion und der Subluxierbarkeit sinnvoll.

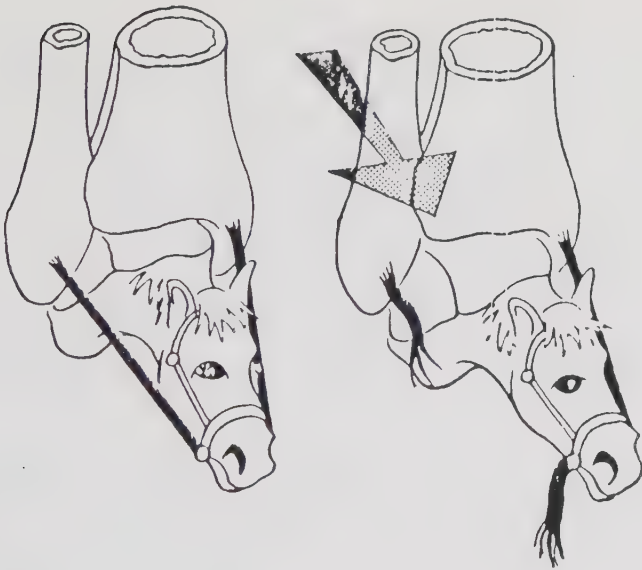
Jedoch sollte die Möglichkeit der Anpassung an verschiedene anatomische Gegebenheiten (s. Kapitel 2) bestehen, denn ein unflexibles System kann bei anatomischen Varianten versagen, sowohl was die Projektion auf das Röntgenbild betrifft, als auch was die erreichte Aufklappung bzw. die Subluxation anbelangt.

Bei der manuell gehaltenen Aufnahme bieten sich die größten Möglichkeiten zur Variation der Haltetechnik und damit zur Anpassung an die Gegebenheiten. Man kann bei der manuell gehaltenen Aufnahme sämtliche Winkel bei der Grundeinstellung des Fußes variieren, kann mit der Haltekraft an den verschiedensten Punkten ansetzen und die Kraftrichtung ebenfalls nach Bedarf einrichten. Bei der seitlichen Aufnahme brauchen Fuß und Unterschenkel nicht gegeneinander fixiert werden und die Rotationsschublade kann ohne Hindernis ausgelöst werden.

Die Nachteile der handgehaltenen Aufnahmen sind:

- Strahlenbelastung für den Untersucher,
- Abhängigkeit des Ergebnisses vom Geschick und der Kraft des Untersuchenden,
- Fehlen von Meßbarkeit, Standardisierbarkeit und Reproduzierbarkeit der ausgeübten Kraft.

Abb.7 : Darstellung der Rotationsschubblade
des oberen Sprunggelenkes nach
Delplace/Castaing (21).



Im Verlaufe der intensiven Beschäftigung mit den erwähnten Halteapparaten konnten wir uns ein Bild von ihren Vorzügen und Nachteilen machen.

Als Vorzüge sind zu nennen:

- Die Strahlenbelastung für den Untersucher fällt weg,
- die Halteapparate bringen ein höheres Maß an Standardisierung und somit an Reproduzierbarkeit als die manuell gehaltene Aufnahme. Bei den Halteapparaten mit elektronischer Anzeige der ausgeübten Kraft wird hierbei jedoch eine Genauigkeit und Reproduzierbarkeit vorgetäuscht, die in Wirklichkeit nicht vorhanden ist, denn die am Bandapparat einwirkende Kraft hängt maßgeblich von Ansatz und Richtung des Krafteinsatzes sowie von der exakten Lagerung des Fußes ab. Dies sind Faktoren, die durchaus von Aufnahme zu Aufnahme verschieden sein können, man denke hier nur an die unterschiedliche Anlagerung des Drucksupports beim Scheuba-Gerät oder die Änderung der Kraftrichtung beim Rippstein-Gerät durch andere Fußlagerung und anderes Ansetzen des Zugmechanismus.

An den einzelnen Halteapparaten fielen uns die folgenden spezifischen Schwachpunkte auf:

Am Scheuba-Gerät:

- Der Kraftvektor verläuft starr unidirektional; das Gerät kann deshalb unter Umständen bei etwas von der Norm abweichenden anatomischen Gegebenheiten nicht die maximalen bzw. sogar falsch negative Resultate erzielen.
- Die Fußfixierung bei zu großer Aufklappbarkeit im anterioposterioren Strahlengang ist schlecht; der Fuß kann aus der Halterung herausgedrückt werden.

- Bedienungsfehler (z. B. ungenaues Einstellen des Druckpunktes) sind leicht möglich.
- Das Gerät ist schwer und umständlich zu handhaben.
- Die Kraftmessung ist stromabhängig und durch Verwendung eines Akkumulators anfällig.

Am Rippstein-Gerät:

- Der Verstellbereich des Zugmechanismus ist zu gering; im Versuch wurde mehrfach bis zum Anschlag gedreht, ohne befriedigende Kraft auf den Fuß ausüben zu können, was teilweise mehrfach umständliches Zurückdrehen des Zugmechanismus und Neuansetzen des Gerätes nötig machte.
- Die Versuche wurden weiterhin erschwert durch die unzuverlässige Haftung der Saugnapfmechaniken auf planem Glas- und Resopaluntergrund, die sich in häufigem Verrutschen der Versuchsanordnung unter Zug und dadurch auftretendem Nachlassen der Haltekraft bemerkbar machte.
- Die Kraftmessung ist stromabhängig und durch Verwendung eines Akkumulators anfällig.

Am Noesberger-Apparat:

- Es sind nur Aufnahmen im seitlichen Strahlengang möglich.
- Die fixierte Plantarflexions- und Innenrotationsstellung des Fußes läßt keine Möglichkeiten zur Anpassung an von der Norm abweichende Anatomie.
- Die ausgeübte Haltekraft ist willkürlich durch den Untersucher und dessen Zugkraft bestimmt und mangels Meßmöglichkeit nicht reproduzierbar.
- Die Auflage für die Ferse erwies sich als etwas kurz geraten; es gab Schwierigkeiten, im Leichenexperiment die Füße nicht aus der Halterung gleiten zu lassen.

Am Seiler-Holzrichter-Lagerungsbock:

- Es sind nur Aufnahmen im seitlichen Strahlengang möglich.
- Plantarflexion und Innenrotation sind vorgegeben; somit ist auch hier die Flexibilität des Systems gering.
- Das Gewicht des Schrotkugelsackes und damit die ausgeübte Kraft scheint eher zu gering zu sein.
- Die Fußfixierung ist vor allem im Leichenversuch schwierig, da der Fuß leicht abrutschen kann.

Bei den Leichenexperimenten zeigte sich, daß, auch unter Berücksichtigung der Meßfehler, die handgehaltene Aufnahme den apparatehaltenen durchaus gut standhalten kann, was die Meßwerte für Taluskipfung und -subluxation anbelangt. Im seitlichen Strahlengang sind die Unterschiede relativ gering, wobei die Halteapparate nach Noesberger und nach Seiler-Holzrichter der manuell gedrückten Aufnahme eher unterlegen sind.

Im antero-posterioren Strahlengang fällt das Scheuba-Gerät etwas gegenüber dem Rippstein-Apparat und der manuellen Technik ab.

Dies und das häufige Auftreten falsch negativer Aufnahmen ohne ersichtliche Handhabungsfehler werten wir als Indiz dafür, daß durch den starr unidirektionalen Krafteinsatz und die im antero-posterioren Strahlengang nur am Rückfuß stattfindende Supination dieses Gerät dem Sprunggelenk zu wenig Möglichkeit gibt, sich entsprechend der jeweiligen Anatomie und der speziellen Läsion auf dem Wege des geringsten Widerstandes aufzuklappen.

Durch die Experimente mit Verlagerung des Druckpunktes bei der Anfertigung gehaltener Aufnahmen mit dem Scheuba-Gerät konnte die auf theoretischen Betrachtungen beruhende Vermutung bestätigt werden, daß dies ein Faktor ist, der sich maßgeblich auf das Resultat der Aufnahme auswirken kann. So scheint es durchaus realistisch, daß die Verlagerung des

Druckpunktes bei diesem Halteapparat in beiden Projektionen falsch negative Röntgenbilder produzieren kann. Das Rippstein-Gerät trägt von der Grundkonzeption her den oben genannten Vorstellungen wie Zulassung der Rotationsschublade, Supination des gesamten Fußes und eine Konstruktion, die für anatomische Variationen flexibel genug ist, Rechnung. Die experimentellen Resultate, vor allem im antero-posterioren Strahlengang, zeigen, daß diese Konzeption durchaus vorteilhaft sein kann. Jedoch lassen konstruktionsbedingte Detailmängel (s. o.) bei diesem wie auch bei den anderen Geräten erkennen, daß es den idealen Halteapparat noch nicht gibt.

Darüberhinaus bieten alle diese Geräte keine echte Standardisierung der Haltetechnik, da sie entweder keine Kraftmessung zulassen oder durch ihre Variations- und auch Fehlbedienungsmöglichkeiten keine exakte Reproduktion einer zuvor gemachten Aufnahme ermöglichen.

Die Röntgendiagnostik mit Halteapparaten ist sicher auf Grund des Strahlenschutzes für den Untersucher sinnvoll. Es können hierbei jedoch ebenso Fehler gemacht werden wie bei den manuell gehaltenen Aufnahmen. Da die handgehaltene Aufnahme, sachgerecht ausgeführt, der apparategehaltenen keineswegs so sehr unterlegen ist, wie dies etwa von Tiedtke/Rahmanzadeh (79) beschrieben wurde, sondern sich als durchaus gleichwertig, wenn nicht sogar manchen Halteapparaten überlegen zeigte, hat sie auch in der modernen Röntgendiagnostik der Kapselbandverletzungen am oberen Sprunggelenk durchaus noch ihre Daseinsberechtigung.

Für die Diagnostik fibularer Kapselbandrupturen ist die gehaltene Aufnahme ein wichtiges Hilfsmittel. Doch sie ist auch ein Hilfsmittel, bei dessen Anwendung viele Fehler gemacht werden können.

Um die klinische Diagnose einer Kapselbandruptur röntgenologisch zu bestätigen, sollten Aufnahmen im antero-posterioren

und im seitlichen Strahlengang mit Seitenvergleich gemacht werden. Im Sinne einer entsprechenden Absicherung der Diagnose erachten wir, im Gegensatz zu Noesberger (60) oder Langer (51), die nur die seitliche Projektion für sinnvoll halten, und Fröhlich (31), der nur die antero-posteriore Aufnahme anwenden will, beide Projektionen für sinnvoll.

Wenn diese negative Resultate erbringen, ist das kein Beweis für die Intaktheit des Kapselbandapparates. Wurden diese negativen Aufnahmen apparatagehalten erstellt, so empfiehlt sich eine Wiederholung in manueller Haltetechnik eventuell unter lokaler Anästhesie.

Sollte man dann noch trotz dringenden Verdachts auf eine Kapselbandruptur negative Röntgenaufnahmen erhalten, kann man die Aufnahmen zu einem späteren Zeitpunkt, wenn Schmerz und Schwellung abgeklungen sind, wiederholen. Gehaltene Aufnahmen können ohne große Bedenken auch mehrere Tage nach dem Trauma noch angefertigt werden, da bis zum zehnten Tag nach dem Trauma weder Verklebungen noch Regenerate nachweisbar sind (Tausch, 78).

9. Zusammenfassung

Ausgehend von anatomischen, biomechanischen und funktionellen Betrachtungen in der Literatur wird versucht, den Stellenwert und die Verlässlichkeit von apparategedrückten im Vergleich zu manuell gehaltenen Röntgenaufnahmen in der Diagnostik fibularer Kapselbandläsionen darzustellen.

Erster Schritt hierzu ist die Durchsicht von Fällen mit falsch negativen apparategedrückten und richtig positiven handgehaltenen Röntgenaufnahmen nach Fehlerquellen.

Zweiter Schritt ist der Vergleich gebräuchlicher Halteapparate mit der manuellen Haltetechnik im Leichenversuch.

Dritter Schritt ist die Abschätzung des Fehlers, den unkorrekte Bedienung des meistverwendeten Halteapparates im theoretischen Modell sowie an Patienten mit chronischer fibularer Instabilität zur Folge hat.

Als Ergebnis läßt sich feststellen, daß die manuell gehaltene Aufnahmetechnik wegen der aufgezeigten Schwächen und Fehlbedienungsmöglichkeiten der Halteapparate durchaus noch ihren Platz als Reserveverfahren in der Routinediagnostik in der Klinik oder als Standard bei seltener Anwendung hat.

8. Literaturverzeichnis:

1. Adler, H.; Die anteriore Instabilität des oberen Sprunggelenkes
Z. Orthop. 114 (1976), 987
2. Adler, H.; Zur Diagnostik von Bandschäden am Außenknöchel
Dtsch. Ges. Wesen 26 (1971), 1560
3. Anderson, K. J., Operative Treatment of the Fibular
Lecocq, J. F. ; Collateral Ligament of the Ankle
J. Bone Jt. Surg. Vol. 36-A
No. 4(1954), 825
4. Anderson K. J., Recurrent Anterior Subluxation
Lecocq, J. F., of the Ankle Joint
Lecocq, E. A. ; J. Bone Jt. Surg.
Vol. 34-A, No. 4 (1952), 853
5. Arnold, K., Diagnostik und Therapie der Band-
Brückner, R.; verletzungen des Sprunggelenkes
Zbl. Chir. 29 (1963), 1156
6. Barnett, C. H., The Axis of Rotation at the Ankle
Napier, J. R. ; Joint in Man. Its Influence upon
the Form of the Talus an the
Mobility of the Fibula.
J. Anat. 86 (1952), 1
7. Becher, R., Diagnostik von Veränderungen des
Haage, H., Bandkapselapparates am Sprunggelenk
May, E. ; Chir. Praxis 14 (1970), 204

8. Berridge, F. R.,
Bonnin, J. G. ;
The Radiographic Examination of
the Ankle Joint Including Arthro-
graphy
Surg. Gynec. Obstet. 79 (1944), 383

9. Börner, M.,
Technik und Aussagewert von soge-
nannten gehaltenen Röntgenaufnahmen
bei Verletzungen des fibularen
Kapsel-Band-Apparates
Unfallchirurgie 8 (1982), 102

10. Bonnin, J. G.;
The Hypermobile Ankle
Proc. Roy. Soc. Med. 37 (1944), 283

11. Bonnin, J. G.;
Injuries of the Ankle
London: Heinemann (1950)

12. Bouretz, J. C.;
Entorses récentes du ligament
latéral externe
Revue chir. orthop. Suppl. II,
(1975), 128

13. Brand, R. L. e. a.;
Surgical Repair of Ruptured Ankle
Ligaments
Amer. Sports Med. 9,1 (1981), 40

14. Broström, L.;
Sprained Ankles, I. Anatomic
Lesions of Recent Sprains
Acta chir. scand. 128 (1964), 483

15. Broström, L.;
Sprained Ankles, III. Clinical
Observations in Recent Ligament
Ruptures
Acta chir. scand. 130 (1965), 560

16. Burri, C.,
Neugebauer, R.;
Chronische Instabilität am OSG
Unfallheilkunde 86 (1983), 287

17. Caro, D. e. a.;
Diagnosis and Treatment of Injury
of Lateral Ligament of the Ankle
Joint
The Lancet, II (1964), 720

18. Castaing, J.,
Delplace, J.,
Dien, F. ;
Instabilités chroniques externes
de la cheville
Revue chir. orthop. Suppl. II,
(1975), 167

19. Clayton, M. L.,
Trott, A. W.,
Ulin, R. ;
Recurrent Subluxation of the
Ankle. With Special Reference to
Peroneal-Nerve Block as a Diagnostic
Aid.
J. Bone and Jt. Surg. Vol. 33-A
(1951), 502

20. Dannegger, M.;
Bandrupturen am oberen Sprunggelenk
Fortschr.Med. 97.Jg. (1979), Nr.20,
962

21. Delplace, J.,
Castaing, J.;
Apports de l'étude radio-
graphique du tiroir astra-
galien antérieur (T. A. R.)
Revue chir. orthop. Suppl. II
(1975), 140

22. Dietschi, C.,
Zollinger, H.;
Beitrag zur Diagnostik der latera-
len Bandverletzungen des oberen
Sprunggelenkes
Z. Orthop. 111 (1973), 724

23. Dietschi, C.,
Zollinger, H.;
Radiologic Diagnosis of Lateral
Laxity of the Ankle Joint
Aus: Chapchal, G.; Injuries of
the Ligaments and their Repair,
Stuttgart: Thieme (1977), 181

24. Drez, D. e. a.;
Nonoperative Treatment of Double
Lateral Ligament Tears of the Ankle
Amer. Sports. Med. 10,4 (1982), 197

25. Duquenois, A.,
Lisélelé, D.,
Torabi, D. J.;
Eléments radiographiques du dia-
gnostic de gravité de l'entorse
Revue chir. orthop. Suppl. II
(1975), 134

26. Faber, A.;
Kippstellung des Talus
Fortschr. Röstr. 46 (1932), 457

27. Freeman, M. A. R.;
Instability of the Foot after
Injuries to the Lateral Ligament
of the Ankle
J. Bone Jt. Surg. Vol. 47-B, No. 4
(1965), 669

28. Freeman, M. A. R.;
Treatment of Ruptures of the
Lateral Ligament of the Ankle
J. Bone Jt. Surg. Vol. 47-B, No. 4
(1965), 666

29. Fröhlich, H.,
Gotzen, L. ;
Eine einfache Vorrichtung für
gehaltene Aufnahmen des oberen
Sprunggelenks
Fortschr. Röstr. 127, 5 (1977), 470

30. Fröhlich, H.,
Gotzen, L. ;
Ein Halteapparat für standardisierte
gehaltene Aufnahmen des oberen
Sprunggelenkes
Radiol. Praxis 4 (1978), 142

31. Fröhlich, H.,
Gotzen, L.,
Adam, U. ;
Experimentelle Untersuchungen zur
gehaltenen Aufnahme des oberen
Sprunggelenks
Unfallheilkunde 87 (1984), 30

32. Fröhlich, H.,
Gotzen, L.,
Adam, U. ;
Zur Wertigkeit der gehaltenen Auf-
nahme des oberen Sprunggelenks
Unfallheilkunde 83 (1980), 457

33. Gerlach, F.,
Bittscheidt, H.,
Franken, Th. ;
Die Röntgendiagnostik der Verlet-
zungen des oberen Sprunggelenks
Rö. Blätter 31 (1978), 503

34. Gordon, R.;
Arthrography of the Ankle Joint
J. Bone Jt. Surg. Vol. 52-A, No. 8
(1970), 1631

35. Gschwend, N.;
Die fibularen Bandläsionen
Praxis Nr. 35 (1958), 809

36. Güttner, L.; Erkennung und Behandlung des
Bänderrisses am äußeren Knöchel
mit Teilverrenkung des Sprung-
beines im Sinne der Supination
(Subluxatio supinatoria pedis)
Arch. orthop. Unf.-Chir. 41 (1941),
287

37. Hackenbruch, W.; Sportverletzungen am Kapselband-
apparat des Sprunggelenkes
Z. Orthop. 117 (1979), 593

38. Hackenbruch, W., Kapselbandverletzungen des
Karpf, P. M. ; Sprunggelenks
Fortschr. Med. 95. Jg. (1977),
Nr. 24, 1599

39. Hansson, C. J.; Arthrographic Studies on the Ankle
Joint
Acta radiol. (Stockh.) 22 (1941),
281

40. Hönigschmied, J.; Leichenexperimente über die
Zerreißung der Bänder im Sprung-
gelenk mit Rücksicht auf die
Entstehung der indirekten Knöchel-
frakturen
Dt. Zeitschrift f. Chir. 8
(1877), 239

41. Holzach, P. e. a.; Die ambulante Operation frischer
Außenbandverletzungen am Sprung-
gelenk Unfallheilk. 87 (1984), 374

42. Hupfauer, W.; Beitrag zur Diagnostik der frischen fibularen Bandruptur
Mschr. Unfallheilk. 73 (1970), 178
43. Inman, V. T.; The Joints of the Ankle
Baltimore: Williams and Wilkins, (1976)
44. Johnson, E., The Contribution of the Anterior
Markolf, K.; Talofibular Ligament to Ankle Laxity
J. Bone Jt. Surg. Vol. 65-A No. 1
(1983), 81
45. Kempf, F. K., Distorsionen des oberen Sprung-
Schmitt-Köppler, A.; gelenks
Chir. Praxis 10 (1966), 525
46. Kievernagel, G. W.; Differenzierte Diagnostik der
fibularen Kapselbandläsion des
oberen Sprunggelenkes mit einem
neuen Haltegerät
Akt. Traumatol. 11 (1981), 163
47. Kimizuka, M., Load-Bearing Pattern of the Ankle
Kurosawa, H., Joint, Contact Area and Pressure
Fakubayashi, T.; Distribution
Arch. Orthop. Traumat. Surg. 96
(1980), 45
48. Küster, H. H., Contribution to stress X-ray
Springorum, H. W.; Visualization of the Fibular
Ligaments
Arch. Orthop. Traum. Surg. 101
(1983), 287

49. Landeros, D.,
Frost, H. D.,
Higgins, C. C.; Post-traumatic Anterior Ankle
Instability
Chir. Orthop. 56 (1968), 174

50. Lang, J.,
Wachsmuth, W.; Praktische Anatomie Bd. 1/4,
Bein und Statik
Berlin, Heidelberg, New York,
Springer 1972

51. Langer, R. e. a.; Radiologische Diagnostik der
fibulo-talaren Bandläsion anhand
von handgehaltenen und apparate-
gedrückten Aufnahmen
Rö. Blätter 33 (1980), 399

52. Lauge Hansen, N.; Knöchelbrüche und Bandverletzungen
des Fußgelenkes und des Fußes
Zbl. Chir. 15 (1963), 545

53. Lemberger, U., Das instabile obere Sprunggelenk
Helv.Chir.Acta Vol.38/3 (1971), 317

54. Leonard, M. H.; Injuries of the Lateral Ligaments
of the Ankle
J. Bone Jt. Surg. 31-A (1949), 373

55. Ludolph, E.,
Hierholzer, G.,
Gretenkord, K.; Untersuchungen zur Anatomie und
Röntgendiagnostik des fibularen
Bandapparates am Sprunggelenk
Der Unfallchirurg 5/85, 245

56. Meeder, P. J.,
Keller, E.,
Weller, S. Die frische fibulare Bandruptur,
Diagnose-Therapie-Ergebnisse
Akt. Traumatol. 11 (1981), 156

57. Meeder, P. J.,
Weller, S. e. a.;
Diagnostik und Therapie frischer
Verletzungen des Außenbandapparates
am oberen Sprunggelenk
Dt. Ärztebl.-Ärztl. Mitt. 77. Jg.
Heft 18 (1980), 1188

58. Möhring, P.;
Ein Fall von habitueller Luxatio
pedis
Mschr. Unfallheilk. 23 (1916), 41

59. van Moppes. F. I.
Surgical e. a.;
of the Ankle
Arthrography, Talar Tilt and
Findings after Inversion Trauma
Fortschr. Röstr. 134,4 (1981), 413

60. Noesberger, B.;
Ein Halteapparat zum differenzierten
Nachweis der fibularen Bandläsion
Helv. Chir. Acta Vol. 43 (1976), 195

61. Paar, O.,
Riel, K.-A.;
Die Therapie der chronisch fibularen
Bandinsuffizienz
Unfallheilk. 85 (1982), 489

62. Paar, O.,
Rieck, B.,
Bernett, P.;
Druck- und Kontaktflächenver-
läufe auf der Talusrolle nach
Durchtrennung der lateralen
Bandverbindungen am oberen Sprung-
gelenk
Akt. Chir. 19 (1984), 21

63. Pennal, G. F.;
Subluxation of the Ankle
Canad. Med. Ass. J. 49 (1943), 92

64. Plaue, R.; Die Diagnostik der lateralen Kapselbandschäden des oberen Sprunggelenkes
Arch. orthop. Unf.-Chir. 63 (1968), 148
65. Plaue, R.; Indikation, Technik und Informationswert der Sprunggelenksarthrographie
Chir. Praxis 15 (1971), 440
66. Plaue, R., Zur Röntgendiagnostik ligamentärer Sprunggelenksverletzungen
Hinz, P. ; Fortschr. Röstr. 112 (1970), 769
67. Reichen, A., Die frische fibuläre Bandruptur, Diagnose, Therapie, Resultate
Marti, R. ; Arch. orthop. Unf.-Chir. 80 (1974), 211
68. Rockenstein, R.; Die frischen lateralen Bandverletzungen am oberen Sprunggelenk
Unfallheilk. 131 (1978), 105 - 115
69. Rubin, G., The Talar-Tilt-Angle and the Fibular Collateral Ligaments
Witten, M. ; J. Bone Jt. Surg. Vol. 42-A No. 2 (1960), 319
70. Ruth, J.; The Surgical Treatment of the Fibular Collateral Ligaments of the Ankle
J. Bone Jt. Surg. Vol. 43-A (1961), 229

71. Sauer, H. D.,
Jungfer, E.,
Jungbluth, K. H.; Experimentelle Untersuchungen
zur Reißfestigkeit des Band-
apparates am menschlichen
Sprunggelenk
Unfallheilk. 131 (1978), 39
72. Scharitzer, E.; Verletzungen der Knöchelbänder
(Subluxatio tali supinatoria)
MMW 9 (1961), 461
73. von Scheidt, F.; Beitrag zur Erkennung von Band-
und Kapselverletzungen im Außen-
knöchelbereich
Unfallheilk. 80 (1977), 147
74. Schenk, R.; Anatomie des oberen Sprunggelenkes
Unfallheilk. 131 (1978), 6
75. Schmidt, J. M.
Wischerath, H.,
Jäger, M. ; Anatomische Untersuchungen am
fibularen Bandapparat des Sprung-
gelenkes unter Berücksichtigung
therapeutischer Gesichtspunkte
Z. Orthop. 122 (1984), 570
76. Schmülling, F.,
Weiß, H. ; Operationsindikation bei Kap-
selbandverletzungen des oberen
Sprunggelenkes
Akt. Traumatol. 11 (1981), 151
77. Seiler, H.,
Holzrichter, D.; Zur standardisierten Diagnostik
der ligamentären Außenknöchel-
frakturen
Chir. Praxis 22 (1977), 667

78. Tausch, W.,
Maess, M. ;
Ein Beitrag zur Diagnostik und
Therapie der veralteten und
chronischen fibularen Bandschäden
des oberen Sprunggelenkes
Beitr. Orthop. u. Traumatol. 25
(1978), 29
79. Tiedtke, R.,
Rahmanzadeh, R. ;
Vergleichende Untersuchungen zur
Diagnostik und Therapie der
frischen Außenbandverletzungen
Akt. Traumatol. 11 (1981), 173
80. Willenegger, H. ;
Zur Problematik bei der Versorgung
von Malleolarfrakturen
Ungelöste Probleme der Chirurgie,
Stuttgart 1964, 264
81. Wirth, C. J.,
Artmann, M. ;
Chronische fibuläre Sprunggelenks-
instabilität - Untersuchungen zur
Röntgendiagnostik und Bandplastik
Arch. orthop. Unf. Chir. 88 (1977),
313
82. Wirth, C. J.,
Küsswetter, W.,
Jäger, M. ;
Biomechanik und Pathomechanik des
oberen Sprunggelenks
Unfallheilk. 131 (1978), 10
83. Wolff, A. ;
Artrografi av ankelled
Nord. Med. 8 (1940), 2449
84. Zobel, K. ;
Außenbandrisse des Sprunggelenkes
Mschr. Unfallheilk. 66 (1963), 41

85. Zwipp, H.,
Tscherne, H.,
Oestern, H. J.;
Die frischen Bandverletzungen am
oberen Sprunggelenk
Unfallheilk. 87 (1984), 278

Mein besonderer Dank gilt all jenen, die diese Arbeit möglich gemacht haben:

- Professor Dr. C. J. Wirth, meinem Doktorvater.
- Dr. W. G. Zink, der mich betreute und mit mir die Versuche durchführte.
- Der orthopädischen Poliklinik,
der orthopädischen Röntgenabteilung,
dem biomechanischen Labor in Harlaching
und der Pathologischen Abteilung des Klinikums Großhadern.
- Meinen Eltern.

Lebenslauf:

Adresse: Edgar DAVID
Münchener Str. 42
8033 Planegg

Persönliche Daten:

Geburtsdatum	18.5.1962	München-Pasing
Vater		Peter DAVID, geb. 19.1.1938 Richter am Oberlandesgericht, nebenamtl. Dozent und Autor
Mutter		Helga DAVID, geb. Göbel, 17.6.1942 Dipl.-Sozialpädagogin (FH) Familientherapeutin
Staatsangehörigkeit		deutsch
Konfession		römisch-katholisch
Familienstand		ledig

Ausbildungsdaten:

Grundschule	1968-1971	in Alling bei München
Abitur	Juni 1980	Notendurchschnitt 1,9
Studium der	Okt. 1980	an der Ludwig-
Humanmedizin	- Okt. 1986	Maximilians-Universität München mit Praktischem Jahr in Chirurgie, KKH Starnberg Orthopädie, Klinikum der Universität, Großhadern Innere Medizin, Med. II, Klinikum der Universität, München - Großhadern
Approbation	13.11.1986	

